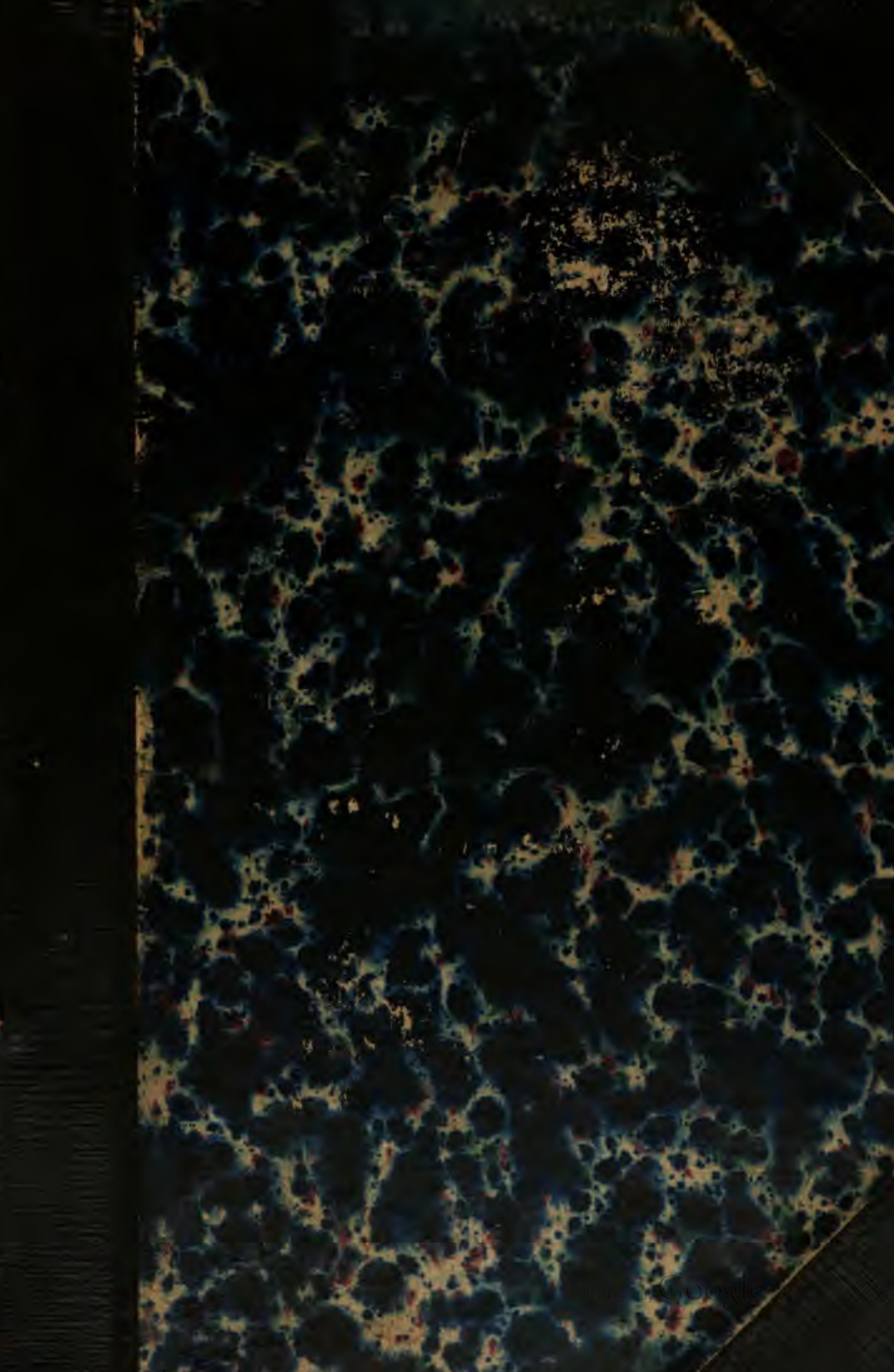
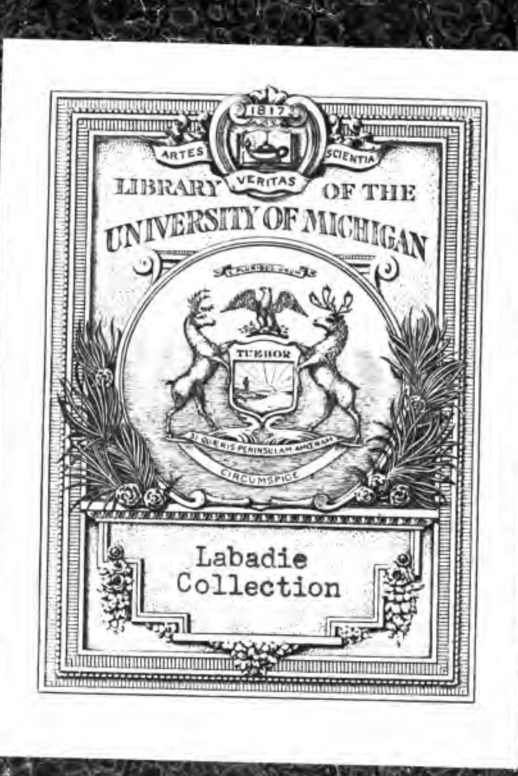
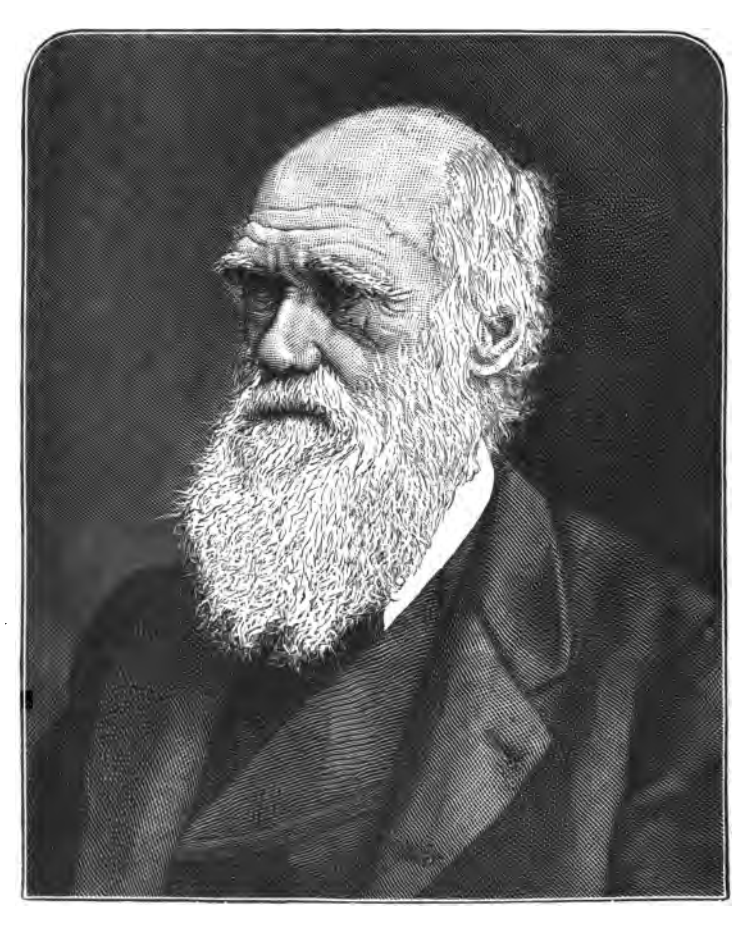



1817
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUÆRIS PENINSULAM AMŒNAM
CIRCUMSPICE
Labadie
Collection





Charles Darwin.

Geb. 12. Februar 1809, gest. 19. April 1882.

Die
Darwin'sche Theorie

von

Dr. Edward B. Aveling

I. Die Entwicklungstheorie. — II. Die Abstammung des Menschen. — III. Affe und Mensch.



Stuttgart
Verlag von J. H. W. Dietz
1887

Vorrede.

Fragt man Jemanden, was Darwin für die Wissenschaft geleistet habe, so erhält man gewöhnlich die Antwort: „Darwin? Kennen wir: behauptet, der Mensch stammt vom Affen ab.“ So unrichtig und wenig entsprechend diese Beurtheilung Darwin's ist, entspricht sie doch den Ansichten der weitaus größten Mehrheit selbst sogenannter Gebildeter Und doch hat der Verfasser der „Entstehung der Arten“ vielleicht mehr für den Fortschritt unseres Wissens von der Natur gethan, als irgend ein anderer Mann, und, selbst abgesehen von der nach ihm benannten Theorie, mehrere der wichtigsten biologischen Probleme gelöst. Durch die Gewissenhaftigkeit und Genauigkeit seiner Beobachtungen, wie durch den Scharfsinn und die Weite des Blicks bei den Schlüssen, die er aus ihnen zog, steht Darwin als der erste da unter den Männern der Wissenschaft in England — fast hätte ich geschrieben, der Welt.

Der großen Masse der Menschen ist es durch die heutigen sozialen Verhältnisse freilich versagt, selbst zu den Quellen des Wissens zu dringen und die Werke unserer Geistesriesen aus eigener Anschauung kennen und verstehen zu lernen. Umsomehr ist es die Pflicht und das Recht derjenigen, die ihr ganzes Leben der Wissenschaft widmen können, dem Volke die großen Wahrheiten mitzutheilen, die sie von ihren Meistern kennen gelernt.

Diese Erwägungen bewogen mich bereits 1881 zur Veröffentlichung eines populären Auszugs aus Darwin's sämmtlichen Werken*). Darwin lebte damals noch, und dankbar gedenke ich seiner Bereitwilligkeit, mit der er mir mit Rath und That bei der Abfassung dieses Werkes zur Seite stand. Die Briefe, die er damals an mich richtete, voll der Aufklärungen und liebenswürdigen Aufmunterungen, sind jetzt zu kostbaren Erinnerungen für mich geworden.

The Students Darwin richtete sich jedoch an ein Publikum mit gewissen Kenntnissen; das Buch umfaßte sämmtliche Werke Darwin's, auch die nicht auf die Entwicklungstheorie bezüglichen. Andrerseits hatten die Forschungen anderer Denker in diesem Zusammenhang wenig berücksichtigt werden können.

Vorliegende Schrift stellt sich die Aufgabe der Popularisation der Darwin'schen Theorie für die weitesten Kreise. Sie will dem Leser eine allgemeinverständliche und genaue Darstellung der Schriften Charles Darwin's geben, so weit dieselben auf die Entstehung der Arten im Allgemeinen und auf die Abstammung des Menschen insbesondere Bezug haben. Die wichtigsten Lehren Darwin's werden vorgeführt, und aus den unzähligen Thatsachen, auf welche sie begründet sind, wird so viel mitgetheilt, als das Verständniß erfordert und der Raum gestattet. In erster Linie sind die folgenden Seiten für ein Publikum bestimmt, dem Zeit und Gelegenheit zu einem eingehenderen Studium fehlen. Der Verfasser hofft jedoch, daß auch der Fachmann manche willkommene Bemerkung in denselben finden wird.

London, im Februar 1886.

Edward Aveling.

*) The Students Darwin, by E. B. Aveling, Dr. Sc., fellow of University College, London 1881. XII. u. 339 S.

I.

Die Entwicklungstheorie.

1. Kapitel.

Die Bedeutung der Darwin'schen Theorie.

Wir dürfen die Darwin'sche Theorie nicht für gleichbedeutend mit der Evolutions- (Entwicklungs-) Theorie halten; die erstere ist nur ein Theil der umfassenderen letzteren. Evolution ist der Name für die Idee der Einheit und des ununterbrochenen Zusammenhangs der Erscheinungen. Der Evolutionär betrachtet alle Erscheinungen des Weltalls als natürliche, und glaubt nicht an das Eingreifen eines übernatürlichen Wesens. Für ihn giebt es nicht, gab es nicht und wird es nie eine Unterbrechung in der steten Reihenfolge der Ereignisse geben. Der wahre Evolutionär erkennt keine Kluft zwischen dem Menschen und anderen Thieren, zwischen dem Thier und der Pflanze, zwischen Lebendem und Nichtlebendem an.

In diesem weiten Sinne kann ich nicht, so sonderbar es auch scheinen mag, Charles Darwin einen Evolutionär nennen. Denn in seinem Werk „Entstehung der Arten" gebraucht er einen Satz, welcher, so viel ich weiß, in keinem der später veröffentlichten Werke widersprochen oder abgeändert wäre, und den ich daher wohl als einen Beweis seines Glaubens an einen übernatürlichen Ursprung des Lebens anführen kann. Es ist der wohlbekannte Satz: „Es liegt eine Großartigkeit in dieser Anschauung des Lebens mit seinen verschiedenen Kräften, welches vom Schöpfer ursprünglich nur in wenige oder eine Form gehaucht worden ist."

Darwin's großes Werk ist in Beziehung auf lebende Wesen geschrieben. Seine zwei wichtigen Theorien der natür-

lichen und der geschlechtlichen Zuchtwahl haben nur Bezug auf Pflanzen und Thiere. Seine Hypothesen befassen sich nur mit der Entwicklung dieser zwei höchsten uns bekannten Formen des Stoffs; sie haben nichts zu thun mit der Frage nach dem Ursprung des Lebens oder der ersten Bildung organischer Körper. Beim Eingehen auf seine Ideen müssen wir, wie er, von dem Leben als gegebener Erscheinung ausgehen. Nehmen wir den organischen oder belebten Stoff als bereits existirend an, dann ergiebt sich die Frage, wie die vielen verschiedenen Formen der Pflanzen und Thiere entstanden sind.

Das Verständniß der Darwin'schen Theorien setzt das richtige Verstehen des Wortes „Art" voraus. Was ist eine Pflanzen- oder Thierart? Was ist gemeint, wenn wir eine Anzahl Thiere Canis familiaris (Hund) und eine andere Gruppe Canis lupus (Wolf) bezeichnen? Die alte, noch jetzt unter den Ungebildeten vorherrschende Anschauung war die, daß mit dem Wort „Art" alle diejenigen Thiere oder Pflanzen zusammengefaßt würden, welche von einem gemeinsamen gleichartigen Urelternpaar oder einem Individuum, das beide Geschlechter in sich vereinigte, abstammten. Die Frage nach dem Ursprung dieses ersten Elternpaares oder ersten zweigeschlechtlichen Vorfahren wurde einfach dahin beantwortet, daß diese, jedes für sich, von Gott aus Nichts geschaffen seien.

Es ist klar, daß diese Auffassung der Arten vollständig auf den Lehren der mosaischen Schöpfungsgeschichte basirt war. So lange die Menschen die jüdische Bibel zu ihrem Führer nicht nur in Sachen des täglichen Lebens, sondern auch in wissenschaftlichen Fragen zu nehmen gewohnt waren, war eine solche Auffassung die einzig mögliche.

Dem Naturforscher von heute ist das Wort „Art" nur eine bequeme Etikette, welche er für eine gewisse Gruppe

lebender Wesen, die gewisse Punkte der Aehnlichkeit mit einander haben, anwendet. Sie ist vollständig willkürlich, ebenso willkürlich wie der Name, den Du, lieber Leser, Deinem Kinde giebst. In der That sind alle unsere Klassifikations-Bezeichnungen nur willkürliche und künstliche. Sie sind sehr nützlich, dürfen jedoch nicht so aufgefaßt werden, als ob ihnen völlig entsprechende Abtheilungen in der Natur existirten. Wir blicken umher in der Welt und sehen, daß, allgemein gesprochen, alle Dinge in ihr entweder lebend oder nicht lebend sind; wir finden es jedoch unmöglich, wenn wir die niedersten Formen organischer Körper studiren, eine befriedigende Abgrenzung der lebenden von den nichtlebenden zu geben. Aus praktischen Rücksichten machen wir indessen eine künstliche und nützliche Theilung zwischen den zwei großen Reichen der Dinge.

In derselben Weise sprechen wir von einem Thierreich und einem Pflanzenreich. Es ist jedoch unmöglich, die niederen Thiere von den niederen Pflanzen zu unterscheiden; wir sprechen aber dennoch von zwei getrennten Reichen und finden es sehr nützlich. In gleicher Weise theilen wir ein solches Reich, z. B. das Thierreich, in künstliche Gruppen, welche wir „Unterreiche" nennen. Ein solch' letzteres ist das der Vertebrata oder Wirbelthiere. Das Unterreich wird wieder in „Klassen" geschieden. So sagt man z. B., daß die Wirbelthiere aus den Fischen, Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugethieren bestehen. Eine Klasse, wie die der Säugethiere, wird aus „Ordnungen" gebildet. Unter den dreizehn Ordnungen der Klasse Säugethiere befindet sich z. B. die der Carnivora (Fleischfresser). In derselben willkürlichen Weise werden die Ordnungen wieder in „Gattungen", jede Gattung in „Arten" getheilt. So bildet der Hund (canis) eine „Gattung" der Ordnung Carnivora, und canis familiaris (Haushund) eine

„Art“ der Gattung Canis. — Wir gehen in unserer künstlichen Klassifikation noch weiter und theilen oft eine Art in Varietäten oder Spielarten. Die Art Canis familiaris umfaßt viele Varietäten, wie den Hof- oder Kettenhund, den Windhund, die Bulldogge u. s. w. Diese Varietäten, gleichviel ob von einer Pflanzen- oder Thier-Art, sind, wie Jedermann zugiebt, durch natürliche Ursachen hervorgerufen. Sie sind entstanden ohne Einmischung eines übernatürlichen Wesens. Der Evolutionär nun ist der Ansicht, daß alle anderen Abtheilungen einen gleich natürlichen Ursprung haben, und daß Arten sich unter Naturgesetzen in der Vergangenheit ebenso entwickelt haben, wie, was Allen bekannt, sich Varietäten in der Gegenwart entwickeln; daß alle zusammengesetzten Formen lebender Wesen, welche auf der Erde gelebt haben, durch vollständig natürliche Vorgänge eine aus der anderen entstanden sind und alle aus der einfachsten ursprünglichen Form lebenden Stoffs. — Der Anhänger der Theorie der Erschaffung der Arten hingegen glaubt, daß die „Arten“ nach dem Willen eines allmächtigen Wesens ins Leben gerufen wurden.

Wir wollen nun sehen, welches Licht Charles Darwin auf diese Frage geworfen hat. Schon lange vor seiner Zeit waren andere Denker mit der nichtserklärenden Erklärung „Gott hat's geschaffen“ unzufrieden geworden. In England, in Deutschland und in Frankreich hatten Männer zu denken begonnen, daß die bisherige Annahme, ein allmächtiger Gott habe strenggeschiedene Arten lebender Dinge ins Dasein gerufen, unhaltbar, und daß es wahrscheinlicher sei, daß ein langsamer Entwicklungsprozeß vor sich gegangen, durch welchen die verschiedenen Formen lebender Dinge mehr und mehr zahlreich und eine von der anderen verschiedenartiger geworden.

In England hatte der Großvater von Charles, Erasmus Darwin, schon 1794 in seinem Werk „Zoonomia“ folgende

Stelle veröffentlicht: „Wenn wir uns vergegenwärtigen, erstens, die großen Veränderungen, welche, auf natürliche Weise verursacht, wir in Thieren nach ihrer Geburt entstehen sehen . . . wenn wir die großen Veränderungen bedenken, welche in verschiedenen Thieren durch künstliche oder zufällige Züchtung entstehen, . . . wenn wir die großen Veränderungen aufzählen, welche in den Thier-Arten vor ihrer Geburt entstanden, . . . wenn wir uns die große Aehnlichkeit des Baues, welche in allen warmblütigen Thieren vorherrscht, vergegenwärtigen, . . . ist man versucht zu folgern, daß sie insgesammt aus einem lebenden Fäserchen*) entsprungen sind. Von ihrem Anfangsstadium bis zu ihrem Ende unterliegen alle Thiere beständigen Umbildungen, . . . und viele dieser so entstandenen Formen oder Neigungen werden auf ihre Nachkommenschaft übertragen . . . Die drei großen Objekte der Begierde sind die der Liebe, des Hungers und der Sicherheit. Ein großes Streben eines Theiles der Thierwelt bestand in dem Verlangen nach dem ausschließlichen Besitz der Weibchen, — und diese Thiere haben Waffen erlangt, um für diesen Zweck mit einander zu kämpfen . . . Die Grundursache dieses Kampfes zwischen den Männchen scheint zu sein, daß die stärksten und rührigsten die Art weiter fortpflanzen sollen, welche dadurch verbessert wird. . . . Wenn wir nun die große Aehnlichkeit der warmblütigen Thiere und zu gleicher Zeit die Veränderungen, denen sie sowohl vor als auch nach der Geburt unterworfen sind, betrachten; wenn wir ferner bedenken, in welch' verhältnißmäßig kleinem Zeitraum viele dieser oben beschriebenen Veränderungen hervorgebracht worden sind; ist es dann zu kühn,

*) Heute würde man statt „Fäserchen" „Zelle" sagen. Zu Erasmus Darwin's Zeit war jedoch die Zelle als Element des Thierkörpers noch nicht bekannt.

zu schließen, daß während der langen Zeitperiode, seit die Erde entstand, vielleicht Millionen von Jahren vor dem Beginn der Geschichte des Menschengeschlechts, alle warmblütigen Thiere aus einem lebenden Fäserchen entstanden sind, welches von der „Ersten großen Ursache“ mit thierischem Leben begabt wurde, mit der Fähigkeit, sich neue Theile anzueignen, welches erfüllt wurde mit neuen Neigungen, geleitet durch Erregungen, Empfindungen, Willensthätigkeiten und Gedanken und daß es so die Fähigkeit erhalten habe, sich durch seine eigene Thätigkeit beständig zu verbessern und diese Verbesserungen immer wieder auf die Nachkommenschaft zu vererben?“ — Hierzu fühlt man sich unwillkürlich geneigt „Amen“ zu sagen. Wir finden hier zweifellos die Keime der Idee der Evolution, der natürlichen Zuchtwahl, obschon sie durch die Anführung der „Ersten großen Ursache“ getrübt erscheint und nur auf Vögel und Säugethiere, nicht auf lebende Dinge im Allgemeinen angewendet wird.

In Deutschland hatte Goethe schon ein Ahnung der großen Wahrheit. In seinem 1795 veröffentlichten „Erster Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie, ausgehend von der Osteologie“, finden wir folgende Stelle: „... Kein Theil desselben (des thierischen Körpers) ist von innen betrachtet unnütz, oder wie man sich manchmal vorstellt, durch den Bildungstrieb gleichsam willkürlich hervorgebracht; obgleich Theile nach außen zu unnütz erscheinen können, weil der innere Zusammenhang der thierischen Natur sie so gestaltete, ohne sich um die äußeren Verhältnisse zu bekümmern. Man wird also künftig von solchen Gliedern, wie z. B. von den Eckzähnen des Ebers, nicht fragen, wozu dienen sie? sondern, woher entspringen sie? Man wird nicht behaupten, einem Stier seien die Hörner gegeben, daß er stoße, sondern man wird untersuchen, wie

er Hörner haben könne, um zu stoßen.“ ..... „Fragt man aber nach den Anlässen, wodurch eine so mannigfaltige Bestimmbarkeit zum Vorschein komme, so antworten wir vorerst: das Thier wird durch Umstände zu Umständen gebildet; daher seine innere Vollkommenheit und seine Zweckmäßigkeit nach außen.“

In Frankreich hatten Etienne Geoffroy St. Hilaire (der ältere der beiden St. Hilaire) und Lamarck schon klarere Ansichten über die Hervorbringung neuer Arten durch früher existirende Arten, als der zitirte Engländer und Deutsche. So treffen wir in der von seinem Sohne verfaßten Lebensbeschreibung Etienne St. Hilaire's auf die folgende Stelle:

„In dieser 1795 geschriebenen und Anfang 1796 veröffentlichten Denkschrift findet sich der Keim der philosophischen Anatomie nicht nur geahnt, nicht nur angedeutet, sondern mit bewundernswerther Klarheit formulirt. Die Natur (dies sind des Verfassers eigene Worte) hat alle lebenden Dinge nach einem gleichmäßigen Plane geformt, im Grunde wesentlich derselbe, in Einzelheiten auf tausenderlei Art abweichend. Und in derselben Thierklasse sind die verschiedenartigen Formen, in welchen es der Natur gefallen hat, jede Art existiren zu lassen, alle getrennt, eine von der anderen. Es genügt ihr, gewisse Proportionen in den Organen zu ändern, um diese für neue Funktionen auszustatten, ihren Gebrauch zu erweitern oder zu beschränken.“

In seiner „Philosophie Zoologique“ (1809) giebt Lamarck am Ende des ersten Bandes im 3. Kapitel, auf Seite 424, die folgende bemerkenswerthe Zusammenfassung seiner Ansichten: „Es ist nicht wahr, daß die Arten ebenso alt sind als die Natur, und daß sie alle, die eine wie die andere, gleich lang bestehen, sondern sie sind eine nach der andern

entstanden, haben nur eine relative Dauer und bleiben sich niemals für eine größere Zeitdauer vollständig gleich."

Ferner, in seiner „Histoire Naturelle des Animaux" (Naturgeschichte der Thiere, 1815), in der Einleitung Seite 161 schreibt Lamarck: „Es ist nicht länger möglich zu bezweifeln, daß die Zustände, in welche sich die verschiedenen Thierarten bei ihrer allmähligen Verbreitung über verschiedene Punkte der Erde und des Wassers versetzt fanden, jeder Art spezielle Gewohnheiten gegeben haben, und daß diese Gewohnheiten, welche sie ihrem Wohnort und ihrer Lebensweise gemäß gezwungen waren anzunehmen, die Wirkung gehabt haben, daß bei jeder dieser Arten sich die Organisation der einzelnen Individuen, die Form und Beschaffenheit ihrer Organe umgestaltete, und diese in Wechselwirkung zu den gewohnheitsmäßigen Handlungen solcher Individuen brachte." Und weiter: „Obgleich die Modifikationen (Abänderungen), welche unter unseren Augen stattgefunden und von denen wir uns durch Beobachtung solcher Thiere, deren Gewohnheiten wir willkürlich änderten, überzeugt haben, nur gering sein mögen, so genügen sie dennoch, uns zu zeigen, wie bedeutend die Modifikationen waren, welche die Thiere mit der Zeit in ihrer Form, ihren Organen, selbst in ihrer Organisation, von den Bedingungen, unter denen sie gelebt, und die alle Arten fast schrankenlos modifizirten, erfahren haben."

Die Idee, welche diese großen Männer nur unbestimmt geäußert, brachte Charles Darwin in genaue Form. Sie alle waren der Meinung, daß „Arten" sich unter dem Einflusse äußerer Umstände entwickelt haben müßten; er wies nach, daß sie sich entwickelt haben, und legte wenigstens eins der Grundgesetze dar, nach welchen die Evolution vor sich gegangen.

Sein großes Werk über die „Entstehung der Arten"

wurde 1859 veröffentlicht. Für Jene, die gewöhnt sind, über die verfrühte Art seiner Schlußfolgerungen zu sprechen, mögen die folgenden Thatsachen als Illustration der Berechtigung derartiger Aeußerungen dienen. Von 1832 bis 1837 machte er im „Beagle“ (Spürhund) eine Reise um die Welt und sammelte Thatsachen. Fünf weitere Jahre nach seiner Rückkehr setzte er das Sammeln von Thatsachen fort. Dann, von 1842 bis 1844, machte er Erläuterungen zu denselben. Im letzteren Jahre verfaßte er einen Abriß seines Werkes und fünfzehn Jahre später veröffentlichte er seine Folgerungen.

Wir müssen jedoch stets hierbei bedenken, daß die „Entstehung der Arten“ größtentheils nur ein Auszug und eine Aufführung von Resultaten ist. Einige der ungeheuer großen Zahl von Thatsachen, auf welchen die in der „Entstehung der Arten“ gegebenen Folgerungen beruhen, findet man in den zwei Bänden seines Werkes über „das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation (Zähmung)“, welches nach der „Entstehung der Arten“ ververöffentlicht wurde.

Der erste Theil der „Entstehung der Arten“ ist einer Besprechung nachfolgender vier Punkte gewidmet, von denen jeder einzeln hier kurz erläutert werden soll. Diese vier Punkte sind: Variation im Zustand der Domestikation; Künstliche Zuchtwahl; Variation im Naturzustande; Natürliche Zuchtwahl.

1) Variation (Abänderung) im Zustand der Domestikation. Die Thiere und Pflanzen, welche unter die Herrschaft des Menschen gebracht sind, variiren, d. h. zwei Individuen derselben Art sind niemals vollständig gleich. Die von einem gegebenen Rosenstrauch abstammenden Sträucher sind verschieden. Ebenso sind die Jungen eines und des-

selben Wurfes niemals vollständig gleich. Jeder Züchter, jeder Gärtner weiß, daß die unter seiner Pflege sich befindenden lebenden Wesen variiren.

2) Künstliche Zuchtwahl. Der Mensch ist durch Beobachtung der „zufälligen" Variationen und durch sorgfältige Auswahl und Züchtung selbst im Stande gewesen, neue Variationen hervorzubringen. Das Wort „zufällig" müssen wir hier gebrauchen, weil wir gegenwärtig noch nicht in der Lage sind anzugeben, warum z. B. ein Stiefmütterchen-Setzling eine von seinen Gefährten verschiedene Anordnung der Farbe hat, — warum ein Glied einer Familie schneller als die übrigen ist. Die ursprüngliche Variation gegeben, kann nun die künstliche Zuchtwahl zur Geltung kommen. Durch beständiges, sorgfältiges Auswählen und Züchten kann man eine Pflanzen- oder Thierform erlangen, welche in Einzelheiten eine große Verschiedenheit nicht blos von den Eltern, von denen sie entsprossen, sondern auch von den unvariirten Nachkommen dieses Elternpaares aufweist.

In seinem Werk „Thiere und Pflanzen im Zustand der Domestikation" führt Darwin zahlreiche Fälle von Resultaten dieser Auswahl durch den Menschen an. In dem geringen Raum, der mir zur Verfügung steht, kann ich nur einige wenige mittheilen. Aus dem Pflanzenreich die folgenden: Im Jahre 1596 wurde die Hyazinthe zuerst nach England eingeführt. Im Jahre 1597 waren nach Gerarde von der einen eingeführten Varietät bereits vier andere bekannt. Parkinson spricht 1629 schon von acht; und Paul erwähnt 1864 deren 700.

In Schottland brachte im Jahre 1793 ein weißer Rosenstrauch einen rothen Schößling hervor. Von diesem züchtete der Gärtner ausschließlich und sorgfältig weiter. Nach 20 Jahren waren bereits 26, und nach 50 Jahren 300

Varietäten bekannt, alle von dieser einen „zufälligen" Varietät entstanden.

Unter den Thieren ist das häufigst angeführte und vielleicht bemerkenswertheste Beispiel das der Taube. Jedermann kennt die vielen verschiedenen Taubenarten, wie Feldtaube, kleine Holztaube, Trommler, Kropftaube, Lachtaube, Kronentaube, Pfautaube u. s. w.; und doch wissen wir, daß alle diese von einer ursprünglichen Form, der blauen Felstaube (Columba livia), seit der Zeit als der Mensch Interesse an der Züchtung dieser Vögel nahm, entstanden sind.

Gedankenlose Menschen allerdings sagen: „Ja, aber sie gehören doch alle zu derselben ‚Art'. Es sind alles Hyazinthen, oder Rosen, oder Tauben, sie werden niemals eine andere ‚Art'." Unsere einfache Antwort ist, daß wir sie alle noch als zur selben Art gehörig betrachten, weil wir die Geschichte dieser Fälle kennen. Wir klassifiziren sie noch unter eine Art, weil wir wissen, daß sie alle durch natürliche Variation und künstliche Zuchtwahl von einer Elternform abstammen. Wenn jedoch alle Varietäten, z. B. der Taube, einem unparteiischen Beobachter, der ihre Geschichte nicht kennt, vorgeführt und er aufgefordert würde, sein Urtheil darüber abzugeben, ob sie alle zu derselben Art gehörten, er würde, wir zweifeln nicht, antworten: „Nein, sogar nicht zur selben Gattung."

3) Variation im Naturzustand. Wenig ist hierüber zu sagen nöthig. Jedermann hat sich schon bemüht, zwei vollständig gleiche Grashalme zu suchen — jedoch vergebens. In den Urwäldern wie in den Ziergärten, im Meer wie im Aquarium ist eine endlose Variation zu augenscheinlich. Es ist wohl nicht nothwendig, bei dieser Variation länger zu verweilen als bei der im Zustande der Domestikation sich ereignenden. Aber nun entsteht die große Frage:

„Welche Resultate müssen sich aus dieser Variation lebender Dinge im Naturzustand ergeben?“ Wir haben gesehen, wie die Variationen der Hausthiere oder Pflanzen verwendet und zur Hervorbringung neuer Varietäten benutzt werden können. Findet nun etwas gleiches unter den lebenden Wesen, die nicht direkt unter dem Einfluß des Menschen stehen, statt?

4) Natürliche Zuchtwahl. Hier kommen wir zu der großen Theorie Charles Darwin's, dem Schlüssel zu vielen Problemen auf dem Gebiete der Biologie (Lehre von den Lebewesen). Er zeigt a) daß ein Kampf ums Dasein unter den lebenden Wesen existirt; b) daß irgend eine Variation der Gestalt oder Funktion, welche ihrem Besitzer einen Vortheil im Kampfe ums Dasein verschafft, die Wahrscheinlichkeit hat, erhalten zu bleiben; c) daß der Besitzer einer solchen Variation mehr Wahrscheinlichkeit hat, seine nicht so ausgestatteten Gefährten zu überleben; d) daß der Besitzer einer solchen vortheilhaften Variation viel wahrscheinlicher Nachkommenschaft erlangt als ein Gefährte, dem dieselbe mangelt; e) daß in der Nachkommenschaft diese Variation auf's neue und verstärkt auftritt; f) daß dieselbe, von Generation zu Generation vererbt und mehr und mehr ausgeprägt, zuletzt eine dauernde wird und hierdurch eine neue Varietät oder neue Art entsteht.

Der Kampf ums Dasein! Die Welt ist ein großes Schlachtfeld; unter der Erdoberfläche, in den Tiefen der Gewässer, selbst in der Luft ist ewiger Kampf. Alle lebenden Wesen kämpfen unaufhörlich. Das Leben unserer großen Städte mit seinem Kampfe von Klasse gegen Klasse, von Individuum gegen Individuum, ist der Typus alles Lebens. In der Dunkelheit des Erdbodens kämpfen die Wurzeln der Pflanzen mit einander um Nahrung. In dem mikroskopischen

Wassertropfen bewegen sich die Infusionsthierchen unaufhörlich, ringsherum nach Nahrung suchend, die nicht genügend für alle vorhanden ist. Jedes lebende Wesen ist ein Kämpfer gegen alle, und alle sind Kämpfer gegen das einzelne. Wie unter den Menschen, so findet auch unter den niedriger organisirten Thieren der erbittertste Kampf immer zwischen jenen statt, die mit einander verwandt sind. Vae victis! Wehe den Besiegten! ist der Ruf der Welt. Wenn Pflanze oder Thier nicht erfolgreich kämpfen kann, muß es untergehen. Wie nun zieht die Natur in ihrer stillen, unerschütterlichen Weise Vortheil aus diesen ewigen Variationen der Pflanzen und Thiere? Durch natürliche Zuchtwahl oder das Ueberleben der Bestausgestatteten. Welche sollen die Ueberlebenden in diesem Kampfe sein? Welche sollen verurtheilt sein, unter die Zahl der Erschlagenen gerechnet zu werden? Die, welche am besten für den Kampf ausgerüstet sind, werden überleben. Die, welche den Bedingungen des endlosen Streites nicht gewachsen, werden untergehen. Das Stärkste hält am längsten aus. Dasjenige, welches in Kraft oder in anderer Weise einen Vortheil über seine Genossen besitzt, wird sie in diesem Existenzkampf besiegen. Ist irgend eine Variation in einer Pflanze oder einem Thiere derart, daß ihr Besitzer dadurch besser für's Leben ausgestattet, so wird er einen Vortheil über seine Gefährten besitzen, wird eine größere Wahrscheinlichkeit des Ueberlebens für sich haben und diese Variation seiner Nachkommenschaft, vielleicht in verstärkter Form, übermitteln. Die Nachkommenschaft, jetzt noch besser ausgestattet für's Leben als die Eltern, wird noch vollständiger über deren Genossen triumphiren. So wird die ursprüngliche, geringe Variation verstärkt, bis sich nach langer Zeit Formen ergeben, welche von denen des ersten Individuums, von dem die Variation aus-

ging, so sehr abweichen, daß der Biologe gezwungen ist, sie zu einer anderen Art als der, der ihre Ureltern angehörten, zu zählen. Das ist das große Prinzip der „Natürlichen Zuchtwahl" oder des „Ueberlebens des Bestausgestatteten". Die Variationen, welche für die sie besitzenden Wesen von Vortheil sind, werden so auf natürliche Weise ausgewählt. Die Verkündigung dieses Prinzips und die Erklärung desselben sind insbesondere das Verdienst Charles Darwin's gewesen.

Der Ursprung aller Eigenschaften der Lebewesen steht in Verbindung mit dieser Variation des Individuums. Daß die Variationen in Zahl und Art unendlich sind, kann Niemand leugnen. Was jedoch die Ursachen derselben und die Gesetze, welche sie regieren, anbetrifft, so befinden wir uns noch in vieler Beziehung im Dunkeln. Ueber beide Punkte spricht Charles Darwin mit seiner gewöhnlichen Vorsicht; und obgleich seit der Veröffentlichung der „Entstehung der Arten" manche Hypothesen aufgestellt worden sind und etwas mehr Licht auf die Sache geworfen ist, befinden wir uns dennoch nicht in der Lage, mehr zu thun, als zu muthmaßen.

Die Variation, d. h. der Besitz einer Eigenthümlichkeit der Gestalt oder Funktion seitens eines oder mehrerer Glieder einer Gruppe, deren andere Glieder dieselbe nicht besitzen, ist zweierlei Art: einestheils die, welche im Einzelwesen während dessen Lebenszeit erscheint und durch Lebensbedingungen verursacht ist; und anderntheils die, welche in der Nachkommenschaft durch geschlechtliche Verbindung zweier verschiedener Elternformen entsteht. So mag eine Pflanze, während sie bis zur vollständig entwickelten Form wächst, — in den Stadien des Knospens, Blühens und Fruchttragens — gewisse Eigenthümlichkeiten der Form, Farbe oder Funktion

aufzeigen, welche wahrscheinlich den Verhältnissen oder Bedingungen, unter denen sie aufwuchs, zuzuschreiben sind. Oder sie mag Abänderungen und Eigenthümlichkeiten aufweisen, welche der Thatsache geschuldet, daß der Samen, aus dem sie entsprossen, von dem Pollen einer andersartigen Pflanze befruchtet war.

Die Bedingungen, unter denen ein Organismus zu leben gezwungen ist, sind von großer Bedeutung in Bezug auf die Variationen. Niemals sind zwei Individuen derselben Art vollständig gleichen Bedingungen ausgesetzt. Zwei in stillstehendem Wasser lebende Amöben (nur aus einer Zelle bestehende Urthiere) empfangen verschiedene Quantitäten von Wärme, Licht oder Nahrung. Alle Kräfte, welche von außen auf einen lebenden Körper einwirken, bringen eine entsprechende Wirkung hervor. Diese Wirkung zeigt sich oft in der Art einer kaum bemerkbaren Veränderung von der ursprünglichen Form, wird jedoch ausgeprägter, wenn sie wiederholt und verstärkt auftritt. Wir können auf diese Weise viele Variationen der Gestalt und Funktion, welche ein Individuum vom andern unterscheiden, als durch den Einfluß der Lebensbedingungen bedingt, betrachten. Die Wirkung, welche auf einen lebenden Körper durch die ihn umgebenden und auf ihn einwirkenden Kräfte verursacht wird, nennen wir Anpassung.

Eine zweite große Ursache der ursprünglichen Variation, ohne welche das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl keinen Wirkungskreis hätte, ist zweifellos die Kreuz- oder Wechselbefruchtung. Die Samen der Pflanzen, die Eier der Thiere, sind fast stets das Resultat der Begattung zweier Individuen. Daß dies der Fall bei allen höheren Thieren, in denen jedes Geschlecht in bestimmten Individuen vertreten, ist augenscheinlich. Jedoch sogar bei niederen Thieren, in welchen

beide Geschlechter in einem Individuum vereinigt sind (wie beim Blutegel oder der Schnecke), giebt es in fast jedem Falle Einrichtungen, welche eine Wechselbefruchtung nöthig machen oder wenigstens gestatten. So daß, wenn A und B zwei zweigeschlechtliche Individuen derselben Art wären, die Eier von A durch B, und die von B durch A befruchtet würden.

Bei den Pflanzen sind in der Regel der Pollen (der in den Staubgefäßen enthaltene Blüthenstaub oder befruchtende Theil) und die Samenknospen in einem Individuum vertreten. Lange Zeit glaubten die Botaniker, daß die Samenknospen, z. B. eines Veilchens, durch den Pollen desselben Veilchens befruchtet würden. Die Nachforschungen Darwin's in England, und Gärtner's und Kölreuter's in Deutschland haben jedoch ergeben, daß dies nur sehr selten der Fall ist. Gewöhnlich werden die Samenknospen einer gegebenen Blume durch den Pollen einer anderen Blume derselben Art befruchtet.

Durch diese Kreuzbefruchtung ist die Möglichkeit endloser Variation gegeben, denn die Nachkommenschaft ist das Produkt zweier verschieden veranlagten Eltern. Obgleich beide gleich sein mögen, so haben sie doch in etwas verschiedenen Oertlichkeiten gelebt, haben verschiedene Versorgung von Nahrung gehabt und sind mit verschiedenen äußeren Einflüssen in Berührung gekommen. Daher ist jedes neue Wesen das Resultat der Berührung zweier Zellen, einer männlichen und einer weiblichen, zweier Eltern, welche verschiedenen Lebensbedingungen ausgesetzt waren. Wir dürfen auch nicht erwarten, daß die Nachkommenschaft nur solche Eigenschaften aufweise, welche in den Eltern vorhanden sind. Die Eigenschaften der einen Elternform werden auf die der anderen wirken und neue Veränderungen das Resultat sein. Wenn wir das Kupfer, mit seinen Eigenschaften als ein Metall, und die Salpetersäure, mit ihren Eigenschaften als Säure

zusammenbringen, finden wir, daß sich neue Körper bilden, mit Eigenschaften, welche von denen der benutzten Substanzen verschieden sind. In gleicher Weise, wenn sich zwei lebende Wesen vereinigen, um eine Nachkommenschaft zu erzeugen, wird diese sicherlich nicht nur die Eigenschaften der Eltern, sondern neue und oft unerwartete aufweisen, welche durch die Vermischung und innerliche Umbildung der elterlichen entstanden sind. Das Prinzip, welchem gemäß die Nachkommenschaft gewisser Elternformen Eigenschaften aufweist, die denen der Eltern geschuldet, wird Vererbung genannt, gleichviel ob diese Eigenschaften den elterlichen ähnlich oder unähnlich sind.

Gemäß der Darwin'schen Theorie haben wir daher anzunehmen: daß alle heute existirenden Thier- und Pflanzen-Arten von früher existirenden lebenden Formen sich entwickelt haben; daß diese Entwicklung (Evolution) durch natürliche Zuchtwahl erklärt wird; daß Variationen, welche in lebenden Wesen unter gewissen Bedingungen eintreten, von Vortheil für den Besitzer sein können; daß der Besitzer derselben einen Vortheil über Andere im Kampfe ums Dasein hat; daß er leben bleibt, wenn Andere untergehen müssen; daß er eine größere Wahrscheinlichkeit für sich hat, eine Nachkommenschaft zu erzeugen; daß auf die Nachkommenschaft seine eigenthümlichen nützlichen Eigenschaften vererbt werden; daß sie in dieser ausgeprägter auftreten und zuletzt dauernde Eigenthümlichkeiten der Gruppe werden. Zwei Ursachen der Variation in Individuen sind die veränderliche Art der Lebensbedingungen und Kreuz- oder Wechselbefruchtung.

Zweites Kapitel.

Schwierigkeiten der Darwin'schen Theorie.

Die Widersacher des Darwinismus halten uns beständig mit großem Nachdruck die Schwierigkeiten dieser Theorie vor. Sie sind jedoch gewöhnlich nicht ehrlich genug, zu gestehen, daß Darwin selbst es gewesen, der auf diese Schwierigkeiten hingewiesen und ihnen somit die Waffen in die Hände geliefert hat. Seit der Veröffentlichung der „Entstehung der Arten", im Jahre 1859, ist auch nicht ein einziger wissenschaftlicher Einwand von einiger Bedeutung erhoben worden, der nicht bereits in diesem Werk selbst angedeutet wäre.

Die größten Schwierigkeiten sind die folgenden: Das Fehlen von Zwischenformen, die Vollkommenheit gewisser Organe, die Beständigkeit gewisser Formen lebender Wesen, der Instinkt, der Mensch und der Geist.

1) Das Fehlen von Zwischenformen. Dieser Punkt wird den Anhängern der Evolutionstheorie von Gegnern oft vorgehalten. „Wo sind die verbindenden Glieder?" Man machte in den Jahren, welche unmittelbar der Veröffentlichung der „Entstehung der Arten" folgten, geltend, und damals mit einiger Berechtigung, daß die Verbindungsglieder zwischen den Arten, Gattungen, Ordnungen und Klassen der Pflanzen und Thiere fehlen. Jetzt jedoch, nach 24 jährigem weiteren Eindringen in das naturwissenschaftliche Gebiet, fällt auch dieser Einwand. Denn die Nachforschungen der Botaniker, Zoologen und Paläontologen (Erforscher der Versteinerungen), in vieler Beziehung durch das große Prinzip, welches mit

Darwin's Namen verbunden ist, geleitet, haben uns gezeigt, daß diese „Verbindungsglieder" existiren oder existirt haben. Heute können wir positiv konstatiren, daß kaum eine einzige Pflanzen- oder Thierart existirt, welche nicht in die nächstverwandte Art hinübergleitet. Es ist fast unmöglich, eine Grenzlinie zu ziehen, die eine Art von allen anderen scheidet. Die Abstufungen zwischen den Gruppen, welche wir künstlich abgetheilt haben, sind fast unmerklich; und das, was für die „Arten" zutreffend ist, ist auch für die größeren Abtheilungen unseres Klassifikationssystems zutreffend. Gewöhnlich gleiten Ordnungen, Klassen und Unterreiche unmerkbar in die nächstverwandte Gruppe; und gewisse Formen von Lebewesen treiben sich an den Grenzlinien der verschiedenen Abtheilungen herum, und werden deshalb von einigen Beobachtern in die eine, von anderen in eine andere Abtheilung gezählt.

Der gewöhnliche Leser wird dies besser verstehen, wenn ich ein oder zwei Beispiele aus dem Thierreich vorführe. Ich werde hierzu Fälle nehmen, in denen gewisse Formen ganze Klassen verbinden, da diese leichter verstanden werden, als Verbindungsglieder zwischen Arten. Zum Verständniß der letzteren ist eine speziellere Kenntniß der Botanik und Zoologie nothwendig. Das Unterreich der Vertebrata (Wirbelthiere) wird noch jetzt gewöhnlich in fünf Klassen getheilt: Säugethiere, Vögel, Reptilien, Amphibien (oder Lurche) und Fische. So lange die Wissenschaft sowohl als auch die allgemeinen Ideen der Menschheit von dem Dogma der „Schöpfung der Arten" beeinflußt waren, hielt man diese fünf Klassen für vollständig von einander geschieden. Heutzutage jedoch sind die verbindenden Glieder zwischen diesen verschiedenen Klassen bekannt. So sind die Säugethiere und Vögel durch das Schnabelthier Australiens verbunden, welches

Eier legt, Brustdrüsen, eine Haarbedeckung, einen Vogelschnabel, Schwimmhäute und verschiedene Punkte der innerlichen Organisation besitzt, die theils säugethierartig, theils vogelartig sind. Das Bindeglied zwischen Vögeln und Reptilien bildet der ausgestorbene Pterodactylus. Dieses Thier hat Flügel, welche sich an einem Finger der vorderen Gliedmaßen entwickelt haben, und dennoch ist sein Bau in vieler Beziehung reptilartig. Die Reptilien und Amphibien sind so eng mit einander verwandt, daß bis vor wenigen Jahren die Glieder dieser zwei Gruppen zusammen unter eine Abtheilung, die der Reptilien, gerechnet wurden. Der Frosch z. B. ist im ersten Stadium seines Lebens ein Fisch, im ausgewachsenen Zustand ein Reptil. In ihm und seinen Verwandten haben wir nicht nur Bindeglieder zwischen Reptilien und Amphibien, sondern auch zwischen diesen beiden und der niederern Wirbelthierklasse, den Fischen. Ein anderes Bindeglied zwischen den Reptilien und den Fischen ist der Lepidosiren (Schlammfisch) des Amazonenstromes, ein Thier, über welches man sich lange gestritten hat. Einige Naturforscher zählten es zu der höheren, andere zu der niederern Klasse.

Solche Bindeglieder verbinden jedoch nicht nur Klassen; auch größere Abtheilungen, wie Unterreiche, welche wieder in Klassen getheilt werden, gehen durch kaum merkbare Abstufungen eine in die andere über. So sind die Wirbelthiere mit den Mollusken oder Weichthieren durch das Lanzettfischchen des Mittelländischen Meeres mit einander verbunden. Dieses gewöhnlich zu den Fischen gerechnete Thierchen ist ungefähr einen Zoll lang, hat weder Knochen noch Knorpel, keine Zähne, kein wirkliches Herz, kein Gehirn und keine Sinnesorgane. Der Stellvertreter seines Rückgrats ist ein Gewebestrang, welcher in der Mittellinie des Rückens entlang liegt. Das Rückgrat jedes Wirbel-

thieres, selbst des Menschen, beginnt als ein ebensolcher Strang in der Mittellinie des Rückens, die Lage der späteren Wirbelsäule anzeigend, welche zuerst als Knorpel, dann als Knochen auftritt. Wir sind daher berechtigt, das Lanzettfischchen als das niederste Wirbelthier zu betrachten, obgleich, wenn die Geschichte der Entwicklung der Wirbelsäule in den höheren Gliedern dieses Unterreichs nicht bekannt wäre, wir Zweifel über seine wahre Verwandtschaft haben würden.

Das Lanzettfischchen wieder ist in vielen Einzelheiten seines Baues eng einer Molluskengruppe, den Seescheiden, verwandt. Gewisse Glieder dieser Gruppe besitzen einen Faserstrang, welcher mit dem des Lanzettfischchens identisch ist, und bilden somit einen Uebergang in das Reich der Wirbelthiere. Ferner, im Bau ihres Athmungsorgans und in vielen anderen Punkten ihres Körperbaues sind sie eng mit dem niedersten Wirbelthier verwandt.

In derselben Weise kann gezeigt werden, daß andere Gruppen des Thierreichs und ebenso Gruppen des Pflanzenreichs durch Zwischenformen verbunden sind, und im Allgemeinen können wir sagen, daß mit dem Vorschreiten der Wissenschaft die Unterscheidungen zwischen Abtheilungen lebender Wesen immer mehr verschwinden; mit anderen Worten, daß die Mehrzahl der Verbindungsglieder bekannt ist. Daß es noch nicht alle sind, ist zwei Ursachen zuzuschreiben.

a) Im Kampfe ums Dasein werden Zwischenformen oft vernichtet. Dies ist nach den allgemeinen Grundsätzen der natürlichen Zuchtwahl nicht anders zu erwarten. Man denke sich, daß ein Glied einer Gruppe A nach einer besonderen Richtung hin variirt und durch Vererbung, Verstärkung und dauernde Ausprägung dieser Variation eine neue Form B entsteht. Die Glieder der Gruppe A, welche nicht variirten, sind noch ihren Lebensverhältnissen gemäß

ausgestattet; die Glieder der Gruppe B hingegen mehr oder weniger verschiedenen Verhältnissen entsprechend. Während nun die Gruppe A sowohl als auch die Gruppe B ihren respektiven Verhältnissen vollkommen angepaßt sind, ist dies mit den Zwischengliedern mehr oder minder nicht der Fall und müssen dieselben daher untergehen.

Daß dem wirklich so ist, wird durch die Thatsache bewiesen, daß die Verbindungsglieder allmälig aussterben. Das Schnabelthier Australiens ist schon beinahe ganz ausgestorben, und das Lanzettfischchen des Mittelländischen Meeres wird immer seltener. In einem weiteren Jahrhundert werden diese Zeugen der Richtigkeit der Darwin'schen Hypothese wahrscheinlich verschwunden sein. Zu jener Zeit jedoch wird dies von geringerer Bedeutung sein, da dann sicherlich Jedermann Evolutionär ist.

b) Der Einwand kann nun erhoben werden, daß, wenn diese Unterdrückung von Zwischenformen sich ereignet, die Ueberbleibsel dieser Formen in den Felsschichten gefunden werden müßten. Die Antwort hierauf ist einfach „die Unvollkommenheit des geologischen Berichts". Soll ein Fossil (Versteinerung) für den Erforscher solcher Zwischenformen von Nutzen sein, so sind vier Dinge nothwendig. Die Pflanze oder das Thier muß erhaltbar sein. (So wäre z. B. ein fossiler Schleimfisch undenkbar.) Die Umstände, in welchen es sich zur Zeit des Todes befindet, müssen seiner Erhaltung günstig sein. (Millionen lebender Wesen sind unter Umständen gestorben, welche ihre Erhaltung unmöglich machten.) Die sedimentären (durch Ablagerung im Wasser gebildeten) Schichten, in welchen die Ueberreste erhalten sind, vorausgesetzt daß die zwei ersten Erfordernisse erfüllt, dürfen nicht einem Element, wie z. B. dem Feuer, ausgesetzt werden, da hierdurch die organischen Ueberreste zerstört würden. Diese

Schichten mit Ueberresten müssen vom Menschen bemerkt werden. Wenn wir bedenken, wie viele lebende Formen für die Erhaltung ungeeignet, und besonders solche, welche von größtem Interesse in dieser Beziehung sind; wie oft die zu ihrer Erhaltung nothwendigen Bedingungen gefehlt haben; wie oft andere Veränderungen die Gesteine, welche erhaltene Fossile enthielten, zerstört haben; in wie beschränktem Maße die Erdoberfläche bis jetzt durchforscht; und wie insbesondere den tropischen Regionen der Erde, wo die Entwicklung wahrscheinlich am thätigsten vor sich gegangen, nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet werden konnte; ist es dann ein Wunder, daß der Bericht über Fossile ein unvollkommener ist? Wir müssen jedoch bedenken, daß jede neue Entdeckung in den Erdschichten im Einklang mit der Idee der Evolution, und der der „Schöpfung der Arten“ entgegen ist.

2) Die Vollkommenheit gewisser Organe. Gegner der Evolutionstheorie weisen oft auf solche Organe wie das menschliche Auge, und fragen: „Wie ist es möglich zu begreifen, daß dieser wundervolle Bau sich langsam im Verlauf einer langen Zeitperiode von einfacheren Formen, welche uns schließlich zurückführen zu bloßen Farbenpünktchen, entwickelt habe?“ Hierfür haben wir drei Antworten: Erstens, daß diese Entwicklung viel eher möglich, als die „Schaffung“ eines solchen Organs. Zweitens, daß wir jede mögliche Abstufung zwischen dem Auge des Menschen und dem niedersten und einfachsten bekannten Auge haben. Drittens sehen wir in der Entwicklung jedes menschlichen Wesens ein komplizirtes Organ durch verschiedene Stadien der Entwicklung gehen, von der einfachsten Form bis zur komplizirtesten, und jedes dieser Stadien entspricht dem permanenten Zustand solcher Organe in gewissen niederen Formen. So ist das Auge des Menschen z. B. nur eine Modifikation eines

Theils der Deckhaut, und in seinen Stadien der Entwicklung passirt es rasch aus einem Zustand in den andern, von denen jeder jedoch dem Bau des Auges einfacher organisirter Glieder des Thierreichs entspricht.

3) Die Beständigkeit gewisser Formen lebender Wesen. Diese Schwierigkeit nimmt zwei Formen an. Der Anhänger der Darwin'schen Theorie wird gefragt, wie er die Thatsache erklärt, daß, während Variation und natürliche Zuchtwahl überall thätig sind, gewisse niedere einfache Formen dennoch unverändert bestehen, so daß sogar heute noch die einzelligen Organismen, welche einige der ersten Stadien in der Entwicklung des Thier- oder Pflanzenreichs repräsentiren, vorhanden sind. In Antwort hierauf erwidern wir, daß Variation nicht allgemein ist. Ein Beispiel wird dies besser erklären. Man nehme an, daß von 100 Mitgliedern einer Gruppe A nur 1 variirt, die übrigen 99 bleiben, wie ihre Vorfahren waren. Die Nachkommen dieses einen Individuums, vorausgesetzt, daß die Variation vererbt, verstärkt und endlich dauernd wird, bringen ihrerseits eine neue Form B hervor, welche von A so verschieden ist, daß sie als eine neue Art bezeichnet wird. Die Nachkommen der 99 nichtvariirten Mitglieder dagegen sind noch ebenso organisirt, wie ihre Vorfahren, und gehören demnach immer noch zur Gruppe A. Von 100 Menschen z. B. kann 1 nach einer neuen höheren Denkrichtung hin variiren, während die 99 auch ferner in den alten Irrthümern und Aberglauben verharren.

Ferner ist es bekannt, daß in gewissen Theilen der Welt, wie z. B. in Egypten, die heute lebenden Formen nicht von denen verschieden sind, die, wie wir durch bildliche und andere Darstellungen wissen, daselbst vor Hunderten von Jahren gelebt haben. Jedoch Hunderte und selbst Tausende von Jahren sind nur ein Herzschlag in dem ungeheuren

Zeitraum, seitdem die Erde existirt. Und weiter sind in den gewöhnlich angeführten Fällen, wie in Egypten z. B., die Lebensbedingungen während der historischen Periode gleichförmig gewesen und kann man daher Variationen von größerer Bedeutung nicht erwarten.

An dieser Stelle mag es passend sein, auf einen speziellen Fall näher einzugehen, den der gewöhnliche christliche Gläubige beständig als einen Einwand vorbringt, — den des Trilobiten, s. Fig. 1. Natürlicherweise weiß er gewöhnlich nichts vom Bau des Trilobiten (eine Art der Krustenthiere, verwandt mit den Wasserflöhen, jetzt gänzlich ausgestorben) und dessen Verwandtschaft mit anderen Thieren. Aber er hat irgendwo gelesen, daß der Trilobit tief unten in den sedimentären Schichten vorkommt, eine ziemlich komplizirte Organisation besitzt, und daß andere in Bezug auf Bauart niedrigere Thiere nicht in den tieferen Schichten als Fossile vorgefunden werden.

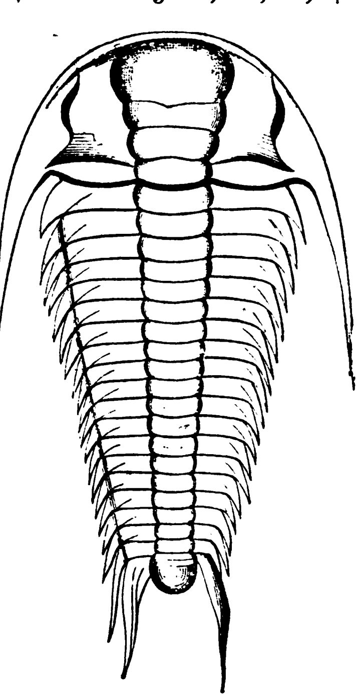


Fig. 1. Trilobit.

Die Antwort hierauf ist, daß die Schichten unterhalb der silurischen, in welcher der Trilobit zuerst vorkommt, durch die Wirkung der Hitze zu einer solchen Ausdehnung verändert

worden sind, daß alle organischen Ueberreste aus denselben verschwunden; daß wir nicht im Stande sind, zu sagen, welche Epochen somit ihrer Zeugen beraubt sind — Epochen, während welcher lebende Wesen wahrscheinlich existirten, lange vor der Zeit, von welcher die silurischen Schichten Zeugniß ablegen; und daß die Vorgänger des Trilobiten in der allmäligen Entwicklung des Thierreichs größtentheils solcher Natur waren, daß ihre Ueberreste nicht erhalten bleiben konnten.

4) Instinkt. Die Schwierigkeit mit Bezug auf die Entwicklung des Instinkts ist jetzt lange nicht mehr so groß als sie 1859 war. Die alte Idee, daß Vernunft das Vorrecht des Menschen, und Instinkt die Gabe Gottes an die Thiere sei, ist verschwunden. Die niederen Thiere denken, und Vieles, was dem Instinkt zugeschrieben, ist das Resultat der Erziehung. Daß gewisse Thiere sehr schnell gewisse Handlungen auszuführen lernen, welche deshalb instinktive genannt worden, kann theilweise wenigstens durch die Thatsache der Vererbung erklärt werden. Für nähere Information über diese interessante Frage verweise ich den Leser auf Dr. L. Büchner's Werk (Geistesleben der Thiere). In Rücksicht auf den beschränkten Raum will ich hier nur anführen, daß die Schwierigkeit, eine genügende Erklärung des Wesens des Instinkts zu geben, keineswegs unüberwindbar ist, und daß, da Instinkte den sie besitzenden Thieren meist nützlich sind, sie daher in den Wirkungsbereich der natürlichen Zuchtwahl kommen. Eine andere Schwierigkeit, welche den Darwinianer betreffs einer genügenden Erklärung der Bildung solcher Gesellschaften wie die der Bienen und Ameisen treffen soll, verschwindet, wenn wir im Gedächtniß behalten, daß das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl sowohl für Gesellschaften als auch für Individuen gültig ist; und daß eine solche

nützliche Variation, wie die der Arbeitstheilung im Bienenstaate, einer derartigen Gesellschaft einen Vortheil über andere giebt, und deshalb mit größerer Wahrscheinlichkeit vererbt, verstärkt und zuletzt dauernd wird.

5) Bastardzeugung. Wenn Angehörige zweier nahe verwandten Arten sich begatten, so sind entweder die Jungen oder die Nachkommenschaft derselben unfruchtbar. Auf jeden Fall sind die Abkömmlinge einer solchen Verbindung früher oder später unfähig, Junge zu zeugen. Diese Thatsache wird häufig als ein starker Beweis gegen die Darwin'sche Theorie betrachtet. Die Bedeutung, welche ihr beigemessen, ist dem Nachdruck, mit welchem Darwin selbst sie hervorhob, geschuldet. Ich kann jedoch nicht umhin zu glauben, daß er selbst die Bedeutung dieser Thatsache zu sehr überschätzte. Denn kein Evolutionär nimmt an, daß durch einen solch' außerordentlichen Prozeß, wie die Kreuzung zweier verschiedenen Arten, eine neue Art entstehe. Die Evolution ist viel allmäliger. Nur dann, wenn behauptet würde, daß durch Kreuzung zweier sehr verschiedenen Formen allein eine neue Form entstehen könne, würde dieses Resultat, der Bastard-Unfruchtbarkeit, von Bedeutung sein. Da jedoch Niemand etwas Derartiges behauptet hat, kann ich nicht einsehen, wie diese Unfruchtbarkeit als ein Beweis gelten kann. Ueberdies scheint mir, daß die Schlußfolgerungen der Anhänger der Theorie der Erschaffung der Arten sich immer nur in einem Kreise bewegen. Zuerst sagen sie uns, daß das unterscheidende Merkmal einer Art darin bestehe, daß ihre Angehörigen nicht mit denen einer andern Art zeugen könnten. Wenn wir nun weiter fragen, wodurch wir eine Art von der andern zu unterscheiden haben, wird uns geantwortet: „Durch die Thatsache, daß nur Angehörige derselben Art mit einander zeugen können." Nach der Darwin'schen Theorie ist es dagegen sehr leicht begreiflich,

daß zwei Formen B und C von einer gemeinsamen Elternform A sich nach verschiedenen Richtungen hin entwickeln können, bis sie zuletzt so verschiedenartig von einander und zugleich vom gemeinsamen Elternpaar werden (wozu auch noch der Einfluß verschiedenartiger Lebensbedingungen beiträgt), daß die Fortpflanzungsorgane von A, B oder C nicht derartig auf einander zu wirken vermögen, um fruchtbare Nachkommen zu erzeugen.

Einige der wichtigsten Punkte, die Darwin selbst als Beweis anführt, daß die mit Bezug auf Bastardzeugung gesammelten Thatsachen nicht unwiderleglich gegen seine Theorie sprechen, sind die folgenden: Unfruchtbarkeit kommt selbst bei Individuen derselben Art vor; Kreuzungen zwischen verschiedenen Thierpaaren einer und derselben Art weisen abweichende Grade der Fruchtbarkeit auf. Wenn es nun ein festes Gesetz wäre, daß eine fruchtbare Kreuzung zwischen Gliedern zweier Arten unmöglich sei, so müßten wir doch erwarten, daß zwei Individuen einer Art stets fruchtbare Nachkommenschaft erzeugten. Da wir jedoch finden, daß es verschiedene Abstufungen der Unfruchtbarkeit zwischen Individuen derselben Art giebt, so werden wir eben zu der Annahme veranlaßt, daß der Zustand einer vollständigen Unfruchtbarkeit nur im äußersten Fall vorkommt, und von Ursachen abhängt, welche ebenso naturgemäß sind wie die verschiedenen Grade der Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit zwischen Individuen derselben Art. Es giebt ferner jedmögliche Abstufung zwischen der größten Fruchtbarkeit und der vollständigsten Unfruchtbarkeit, und ist es schwer, eine Schöpfung von gesonderten Thier- oder Pflanzengruppen für möglich zu halten, zwischen denen eine Kreuzung unmöglich ist, ohne zugleich eine Schöpfung von gesonderten Gruppen anzunehmen, bei denen das Resultat der Kreuzung jeder dieser Abstufungen entspräche.

Ferner werden sogenannte „echte" oder „gute" Arten, sobald man sie Lebensbedingungen aussetzt, welche von den bisherigen verschieden sind, oft unfruchtbar. Wir haben Thiere, die in gewissen Orten und Klimaten mit Leichtigkeit Junge erzeugen, nach Entfernung jedoch nach anderen Orten und Klimaten hierzu vollständig unfähig sind. Hier scheint es klar zu sein, daß die Unfruchtbarkeit den veränderten Bedingungen geschuldet ist. Niemand glaubt an ein Eingreifen Gottes in solchen Fällen, und es scheint eine vernunftgemäße Erklärung der Unfruchtbarkeit von Bastarden (oder der Kreuzung zwischen Angehörigen verschiedener Arten) zu sein, daß die Lebensbedingungen durch die Kreuzung so sehr verändert werden, daß Unfruchtbarkeit die Folge ist. Die Hauptursache der Unfruchtbarkeit zwischen Thieren oder Pflanzen, welche genügend verschieden von einander sind, um unter verschiedene Arten gerechnet zu werden, ist wahrscheinlich eine Verschiedenheit ihrer geschlechtlichen Elemente. Diese Verschiedenheit jedoch ist nicht das Resultat einer Einwirkung von außen, sondern der Umänderung, welche diese Elemente selbst dadurch erlitten haben, daß ihre Träger verschiedenen äußeren Bedingungen ausgesetzt waren.

In der Diskussion hierüber macht Darwin selbst ausgedehnten Gebrauch von der Analogie. Er weist nach, daß gewisse Bäume auf einander gepfropft werden können, während dies bei anderen unmöglich ist. So kann die Birne mit Leichtigkeit auf die Quitte gepfropft werden, schwieriger jedoch auf den Apfel, obgleich dieser der Birne näher verwandt ist als die Quitte. Die Birne kann indessen nicht auf die Ulme gepfropft werden. Die Schwierigkeit des Pfropfens wird nicht der Erschaffung der Arten zugeschrieben. In der That, sollten die Unterscheidungen zwischen Pflanzen auf der Leichtigkeit oder Schwierigkeit des Pfropfens gegründet werden,

so würden diese nicht im geringsten mit den Klassifikations-Abtheilungen und -Unterscheidungen zusammentreffen, wie wir sie heute anerkennen; oder mit anderen Worten, würden wir unsere Eintheilung der Arten auf die Möglichkeit oder Unmöglichkeit des Pfropfens basiren, so würden die so gebildeten Arten nicht mit den heute anerkannten identisch sein. Jedoch kann im Allgemeinen gesagt werden, daß engverwandte Pflanzen auf einander gepfropft werden können, indessen bei nicht engverwandten dies unmöglich ist. Darwin selbst äußert sich hierüber folgendermaßen: „Es ist nicht mehr Grund vorhanden, anzunehmen, daß die Arten mit verschiedenen Graden der Unfruchtbarkeit ausgestattet seien, um ihre Kreuzung und Vermischung in der Natur zu verhindern, als zu glauben, daß die Bäume mit verschiedenen aber analogen Graden der Schwierigkeit, auf einander gepfropft zu werden ausgestattet seien, um ihre Vermischung in unseren Wäldern zu verhindern."

Um wieder ein Beispiel von den höchsten lebenden Wesen zu geben, mag konstatirt werden, daß gewisse Menschenrassen nicht mit einander erfolgreich zeugen können. So ist eine Begattung zwischen einer egyptischen Frau und einem Weißen fast stets unfruchtbar.

Wenn wir nun bedenken, daß die Grade der Unfruchtbarkeit zwischen Individuen derselben Art verschieden sind; daß durch veränderte Lebensbedingungen Unfruchtbarkeit von Individuen bewirkt wird; daß das Studium der Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Thiere zeigt, daß die wichtigste Ursache der Unfruchtbarkeit durch Verschiedenheit der Elemente der sich begattenden Wesen bedingt ist; wenn wir ferner die Erscheinungen des Pfropfens in Betracht ziehen, so müssen wir gestehen, daß die Schwierigkeiten der Bastardzeugung keineswegs überwältigende sind.

6) Der Mensch. Viele, welche mit Darwin einverstanden sind in Allem, was er über die niederen Thiere und über die Pflanzen sagt, verlassen ihn, wenn er seine Theorie auf das Menschengeschlecht anwendet. Es ist dies nur wieder ein neuer Beweis des falschen Stolzes des Menschen. Der Mensch war eben in früherer Zeit gewöhnt, sich in eine Ordnung und zu einer Zeit sogar in eine Unter-Klasse für sich selbst zu klassifiziren. Doch das ist nun alles vorüber und die Ordnung der Primates oder höchststehenden Thiere umfaßt jetzt Menschen, Affen und Halbaffen. In derselben Weise schwindet auch die alte Illusion, daß das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl nicht auf den Menschen anwendbar sei, immer mehr hinweg. Selbst ein Theil der englischen Geistlichkeit giebt jetzt schon zu, daß der menschliche Körperbau aus dem der niederen Thiere entstanden sein könne. (Wegen weiterer Details über diesen interessanten Punkt verweise ich den Leser auf Häckel's populäre Vorträge über „die Entstehung und den Stammbaum des Menschen".)

Nicht ein einziger Punkt in der Anatomie oder Physiologie des Menschen trennt ihn von seinen Verwandten, den niederern Thieren. Ich bitte jedoch, mich recht zu verstehen; wenn ich vom Menschen spreche, so meine ich das Menschengeschlecht als ein Ganzes. In dieser Untersuchung über die Abstammung der Arten und speziell über die höchste Form, den Menschen selbst, dürfen wir unsere Aufmerksamkeit nicht auf irgend eine bestimmte Rasse, und am wenigsten auf die höchste, richten. Der gewöhnliche Mann, wenn er über die Abstammung des Menschen diskutirt, hat stets den zivilisirten und gebildeten Europäer im Auge. Er vergleicht somit dieses Produkt der Entwicklung des Menschen selbst, und zwar in sehr unwissenschaftlicher Weise, mit den nächststehenden Menschenaffen. Der richtige Vergleich kann jedoch

nur zwischen den niedrigsten Menschen und den höchsten Affen, den sogenannten Menschenaffen, gezogen werden. Wenn ein solcher Vergleich stattfindet, wenn wir die verschiedenen Menschenrassen von der höchsten bis zur niedrigsten, und gleichzeitig die nächsten Verwandten des Menschen studiren, so finden wir, daß in jedem Punkte der Anatomie und Physiologie größere Verschiedenheiten zwischen Menschen und Menschen als zwischen Menschen und Affen existiren. Mit anderen Worten: Wenn wir das Skelett, den Verdauungs-Apparat, das Aufsaugungssystem, das Zirkulationssystem, die Athmungsorgane, die Ausscheidungsorgane, das Nervensystem, die Sinnesorgane, die Muskeln, den Stimmapparat, die Zeugungsart und die Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Affen studiren, wenn wir die Thätigkeit aller dieser Organe in Betracht ziehen, so finden wir, daß in jedem Fall die Kluft nicht zwischen Menschen und Affen, sondern zwischen Menschen und Menschen liegt. Um nur einen Fall zu erwähnen, will ich anführen, daß gewöhnlich das Gehirngewicht des Menschen als dem des Affen weit überlegen hingestellt wird. Das schwerste bis jetzt untersuchte menschliche Gehirn wog nun 2$^{1}/_{10}$ Kilogramm, das leichteste $^{1}/_{4}$ Kilogramm, während die menschenähnlichen Affen ein durchschnittliches Gehirngewicht von $^{1}/_{2}$ Kilogramm haben.

7) Geist. Sogar Diejenigen, welche die Richtigkeit der Darwin'schen Hypothese in Bezug auf den menschlichen Körper zugestehen, bestreiten jedoch in vielen Fällen ihre Möglichkeit in Bezug auf den menschlichen Geist. Der Geist ist indessen nur eine Funktion des Nervensystems; und ebenso wie das Nervensystem des Menschen durch keine Scheidungslinie von dem der niederen Thiere getrennt ist, so sind auch seine geistigen Kräfte durch keine Scheidungslinie von denen der niederen Thiere getrennt. Wenn wir

die geistigen Kräfte des höchsten und des niedersten Menschen studiren, finden wir größere Verschiedenheiten als zwischen denen des niedersten Menschen und des höchsten Affen. Wir sind sogar berechtigt, weiter zu gehen und zu behaupten, daß die geistigen Kräfte der niedersten Menschen denen der höchsten Affen nachstehen, geradeso wie ihr Gehirngewicht geringer ist, als das der Menschenaffen.

Drittes Kapitel.

Beweis der Richtigkeit der Darwin'schen Theorie.

Große Fragen, wie die über die Entstehung der Arten, können nur durch Beweisführung endgültig entschieden werden. Beweise sind zweier Art, direkte und indirekte. In unseren Gerichtshöfen sind beide zugelassen. Ein Mann sieht einen Mord begehen und giebt einen direkten Beweis der That. Oder der Angeklagte wird auf rein indirekte Beweise hin schuldig befunden. Er ist mit Blut befleckt; die Kleider und das Geld des Ermordeten sind in seinem Besitz; er hatte einen Grund, den Ermordeten zu tödten; oder ist zur Zeit des Mordes in der Nähe jenes Ortes gesehen worden.

Bei der Untersuchung nun über die Entstehung der Arten haben wir uns größtentheils mit indirekten Beweisen zu begnügen. Von direkten Beweisen kann nicht viel zu Gunsten der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl vorgebracht werden. Zu Gunsten der Annahme einer „Erschaffung der Arten" dagegen liegt überhaupt kein Beweis vor. Die Bibel kann auch nicht für einen einzigen Augenblick als Zeuge in diesem großen Widerstreit zugelassen werden; in Fragen, wie der vorliegenden, ist sie nicht mehr Autorität wie der Koran oder die Vedas. Was nun die Klasse von Personen, Geistlichkeit genannt, anbetrifft, welche sich das Recht anmaßt, ein endgültiges Urtheil über die Entstehung der Arten abzugeben, so muß entschieden betont werden, daß sie keine Stimme in dieser Angelegenheit hat. Als Geistliche ist ihr Urtheil ebenso werthlos, wie das eines

Fleischers, Bäckers oder Seifensieders. Haben sie Naturwissenschaft studirt, dann sind sie als naturwissenschaftlich Gebildete zu einer Urtheilsäußerung über diese Frage berechtigt; als Ausüber eines Religionsamtes sind sie hingegen nicht in der Lage, ein Urtheil über eine naturwissenschaftliche Frage abzugeben, die einzig und allein von Fachleuten, von Biologen und Geologen, beantwortet werden kann.

Zu Gunsten der „Erschaffung der Arten" ist kein direkter Beweis vorhanden; wohl aber zu Gunsten der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Der Gesammtinhalt der zwei großen Bände über „Thiere und Pflanzen im Zustand der Domestikation" scheint mir ein Beweis dieser Art zu sein — ein Beweis, der für Darwin spricht. Forschen wir nun nach indirekten Beweisen, so finden wir auf der einen Seite, der des alten Glaubens, Nichts; auf der anderen Seite, der der Evolutionstheorie, sind die Beweise fortdauernd sich mehrend, unmeßbar und überwältigend. Sie sind fortdauernd sich mehrend, denn jede wissenschaftliche Thatsache, jede Entdeckung der letzten Jahrzehnte ist im Einklang mit der Darwin'schen Theorie. Sie sind unmeßbar, denn die Zahl dieser Thatsachen und Entdeckungen ist außerhalb jeder Möglichkeit des Zählens. Sie sind überwältigend, weil nur ein blinder oder verbitterter Verstand noch nicht überzeugt sein kann.

Ich werde die Beweise, in den Hauptzügen unserm Meister folgend, in sechs Klassen theilen: Allgemeine Grundgesetze, Klassifikation, Verbreitung, Morphologie, Embryologie, Vorhersagung.

1) Allgemeine Grundgesetze. Die Darwin'sche Hypothese ist in Einklang mit den allgemeinen Grundsätzen der Ewigkeit des Stoffs (Materie), der Ewigkeit der Bewegung und der Erhaltung der Energie (Fähigkeit der Kraftentfaltung).

Diese drei großen Grundsätze, die vielleicht im letzteren zusammengefaßt sind, sind die Verkündung des erhabenen Gesetzes, daß weder Stoff noch Bewegung je geschaffen oder zerstört, und daß die Formen der Bewegung und die Formen des Stoffs ohne irgendwelchen Verlust eine in die andere verwandelbar sind. Gegen dieses Gesetz ist die Schöpfungstheorie in direktem Widerspruch.

Wir gebrauchen das Wort „Stoff" als eine passende Bezeichnung für Alles, was die Sinne berühren kann. Dies ist zwar keine genügende Erklärung, sondern nur ein nützliches Uebereinkommen. Niemand hat je Stoff schaffen oder zerstören sehen. Alle Experimente zeigen, daß Stoff leicht von einem seiner Zustände in einen anderen umwandelbar ist, daß jedoch hierbei nie eine Abnahme oder ein Zuwachs stattfindet. Die Kerze brennt in der geschlossenen Glasglocke, bis sie ausgeht oder niedergebrannt ist. Am Ende des Experiments ist das Gewicht der geschlossenen Glasglocke und ihres Inhalts genau dasselbe, was es vor dem Beginn desselben war. Eine Veränderung hat stattgefunden, das ist alles. Ein Stück Schießbaumwolle wird angebrannt. Puff! es ist in Rauch aufgegangen. Der unwissende Mensch glaubt, es sei in Nichts aufgegangen. Der Chemiker jedoch, welcher die Schießbaumwolle und die Luft, in die sie plazirt war, vorher gewogen und nach dem Verbrennen die entstandenen Gase wiegt, findet, daß das Gewicht vor und nach dem Experiment das gleiche ist. Unaufhörliche Umwandlungen des Stoffs, jedoch nie eine Neuschaffung — nie eine Zerstörung. Und dies, sind wir versucht zu glauben, ist immer der Fall gewesen.

„Bewegung" ist Veränderung des Orts. Manchmal ist sie das, was wir molare Bewegung nennen, oder die sichtbarer Massen. (Moles = eine Masse.) Alles, was gewöhn-

lich Bewegung genannt wird, ist dieser Art. Die Bewegung unserer eigenen Körper, das Fallen eines Steines oder Balles, sind „molare“ Bewegungen. Es giebt jedoch Formen von Bewegung, welche die winzigsten Körpertheilchen berühren und ganz außerhalb unserer gewöhnlichen Wahrnehmung als Fälle von Bewegung sind. Erst vor wenigen Jahren ist nachgewiesen worden, daß chemische Wirkung, Hitze, Licht, Elektrizität, Magnetismus und das Leben selbst, nur verschiedene Arten von Bewegung sind. In diesen Fällen scheint die Bewegung die von winzigen Theilchen, von kleinen Körperchen zu sein. Moles = eine Masse, icula ist eine verkleinernde Endung; daher bedeutet molicula (Moleküle) eine kleine Masse, und die Bewegung der kleinsten, nicht weiter theilbaren Körpertheilchen heißt molekulare Bewegung. Betreffs der verschiedenen Formen der molekularen Bewegung ist ferner nachgewiesen worden, daß jede von ihnen in eine andere verwandelbar ist, und zwar ohne irgend welchen Verlust oder irgend welche Neuschaffung. Kupfer und Zink in einer elektrischen Batterie, bringen chemische Wirkungen hervor. Der das Kupfer und das Zink verbindende Draht wird elektrisch befunden. Der Draht wird heiß; durchbricht man ihn, so springt ein Funke mit Licht- und Schallerscheinungen über den Zwischenraum. Windet man den Draht um ein weiches Eisenstück, so zieht dieses einen Magnet an. Bringt man die Enden des verbindenden Drahtes in Berührung mit einem Muskel, der erst vor kurzem von dem Körper eines Thieres losgelöst worden, so zieht sich derselbe zusammen. Taucht man die Drahtenden schließlich in Wasser, so zersetzt sich dasselbe in seine Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff. Jedoch nicht nur unsere Experimente, sondern auch unsere Beobachtungen zeigen uns, daß die Umwandlung einer bestimmten Quantität einer Bewegungsform in eine

bestimmte Quantität einer anderen beständig vor sich geht. Unaufhörliche Verwandlung der Bewegung, aber nie eine Schöpfung, nie eine Zerstörung.

Arbeit wird verrichtet, wenn Stoff in Bewegung gesetzt wird. Ein Mann, welcher eine Kanonenkugel aufhebt, verrichtet Arbeit. Ein von der Klippe auf das Ufer fallender Stein verrichtet Arbeit. Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu thun. Der Mann, welcher die Kanonenkugel aufhebt, entfaltet Energie. Diese Energie mit Bezug auf Bewegung wird kinetische Energie genannt. Der Stein auf der Klippe ist in der Lage, Arbeit zu thun. Entferne die Klippe, und der Stein fällt. Er ist, so lange er auf der Klippe bleibt, nur in der Lage, Arbeit zu thun und nicht Arbeit verrichtend. Er besitzt Energie, oder hat die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, übt dieselbe aber nicht aus. Seine Energie ist eine potenzielle (ruhende, schlummernde). Es giebt daher zwei Arten von Energie: kinetische, oder Energie in Thätigkeit; und potenzielle, oder Energie in Ruhe.

Das Prinzip der Erhaltung der Energie enthält genau alle die Thatsachen, welche ich hier aufgezählt habe. Es besagt, daß die verschiedenen Formen der Energie, gleichviel ob kinetische oder potenzielle, eine in die andere umwandelbar sind, ohne irgend welchen Verlust oder Gewinn, ohne irgend eine Zerstörung oder Neuschaffung; daß der durch Energie in Bewegung gesetzte Stoff, und der Betrag der Bewegung (molare oder molekulare) im Weltall eine stets gleichbleibende Quantität ist, immer gewesen ist und immer sein wird. Dieses Gesetz ist von allgemeiner und weitester Anwendbarkeit; es bezieht sich sowohl auf das Lebende als auf das Nichtlebende. Die Schöpfung einer „Art“ wäre daher gleichbedeutend mit der „Schöpfung“ eines gewissen Quantums Stoff und eines gewissen Quantums Bewegung

aus Nichts. So lange nun das Prinzip der „Erhaltung der Energie“ als richtig anerkannt wird, ist die spezielle „Schöpfung“ einer Thier- oder Pflanzenart undenkbar.

2) Klassifikation. Im ersten Kapitel wurde auf die Unmöglichkeit aufmerksam gemacht, die Grenzen der verschiedenen Gruppen in unserem künstlichen Klassifikations-System genau zu bestimmen. Jede Art, Gattung, Ordnung und Klasse zweigt in die benachbarte Art, Gattung, Ordnung und Klasse hinüber. Nach der Hypothese der „Erschaffung der Arten“ ist diese Thatsache ganz unverständlich. Wenn jede Thier- und Pflanzenart das Resultat eines direkten Schöpfungsaktes ist, müßte erwartet werden, daß eine jede streng von der anderen geschieden sei. Wenn alle Arten jedoch durch allmäliche Umänderung und Weiterausbildung früher existirender Formen entstanden sind, ist es kein Wunder, daß ein Hinüberneigen von Art zu Art u. s. w. besteht. Ich will hiermit zwar nicht sagen, daß diese Schwierigkeit der strengen Bestimmung von Gruppen lebender Dinge unvereinbar mit der Theorie einer Schöpfung der Arten wäre; bei Gott ist ja nichts unmöglich; aber diese Theorie bietet keine Erklärung der Thatsache, während durch die Darwin'sche Theorie eine vernunftgemäße Erklärung gegeben wird. Nach der Hypothese der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder Abstammung mit Variation sind unsere Klassifikations-Systeme eine geschichtliche Urkunde. Sie sind in Wirklichkeit Stammbäume. Die Zusammenstellung einer Anzahl Thiere oder Pflanzen in eine Gruppe ist gleichbedeutend mit der Behauptung, daß sie einen gemeinsamen Vorfahren gehabt haben, von dem sie alle innerhalb einer verhältnißmäßig kurzen Periode, d. h. innerhalb einiger Tausend oder Millionen Jahre, abstammen. Die Schwierigkeit, eine Gattung oder Art abzugrenzen, ist nicht länger

eine Quelle von Beschwerden und Mühen. Im Gegentheil, sie befriedigt uns, da sie uns beständig daran erinnert, daß alle die verschiedenen Gattungen und Arten durch Umänderung von früher existirenden Formen entstanden sind und unmerkbar eine in die andere übergehen. Unsere Klassifikation von Thieren und Pflanzen ist uns zugleich ein Beweis und ein Bericht der Entwicklung der Lebewesen.

3) Die Verbreitung der Lebewesen. Die Thatsachen der Verbreitung lebender Wesen, sowohl der Thiere als auch der Pflanzen, im Raum und in der Zeit werden durch die eine Theorie erklärt, jedoch nicht durch die andere. Ueber ihre heutige räumliche oder geographische Verbreitung ist A. R. Wallace unsere größte Autorität. Er ist ein Evolutionär, und in seinen interessanten Werken über den Malayischen Archipel und über die geographische Verbreitung der Thiere wies er auf's klarste nach, wie die Art der geographischen Verbreitung von Thieren und Pflanzen durch die Hypothese der Entstehuug der Arten durch natürliche Zuchtwahl vollkommen erklärt wird. Was die gesammelten paläontologischen Thatsachen, oder die Reihenfolge der Ueberreste vergangener Lebewesen in den Felsschichten, anbetrifft, so sind auch diese auf Seite des Darwinismus. Die langsame und allmälige Zunahme der Komplizirtheit des Baues der Organismen, wenn wir die älteren Schichten zuerst und die neueren später studiren; sowie das Erscheinen der einfachsten Formen in den älteren und der höher organisirten in den neueren Schichten, sind verständlich und bedeutungsvoll im Licht der Evolutionstheorie.

Ich kann nur ein Beispiel von der geographischen und eins von der zeitlichen Verbreitung lebender Wesen hier anführen. In dem Falle des großen Unterreichs der Wirbelthiere gehören die Formen, welche wir zuerst antreffen, nicht

den Säugethieren oder Gliedern der höchsten Klasse an, sondern den Fischen oder der niedersten Klasse. Wenn wir nun auch nicht die niedersten Glieder dieser Klasse, wie das Lanzettfischchen, die Lamprete u. s. w. antreffen, so ist dies doch nur deshalb der Fall, weil diese niederen Formen ihrer Natur nach nicht erhaltbar sind. Wenn wir weiter aufwärts steigen in der Reihenfolge der sedimentären Schichten, so erscheinen zunächst die Amphibien, dann die Reptilien und Vögel und zuletzt die Säugethiere. Von diesen wieder erscheinen die niedersten Formen zuerst und die höheren, die der Primates oder der Ordnung, zu welcher der Mensch selbst gehört, treffen wir erst an, sobald verhältnißmäßig neuere Schichten erreicht werden.

Mit den Pflanzen ist es ebenso wie mit den Thieren, die einfacheren erhaltbaren Formen erscheinen zuerst, die komplizirteren später. Die Kryptogamen oder blüthenlosen Pflanzen, wie die Algen und Farrnkräuter, erscheinen tiefer unten in den Felsschichten als die Phanerogamen oder blüthentragenden Pflanzen. Wenn diese letzteren auftreten, begegnen wir zuerst den Monokotyledonen, einer Klasse von Pflanzen mit paralleladrigen Blättern, wie den Gräsern und Lilien. Ihnen folgen die Dikotyledonen, Pflanzen mit netzadrigen Blättern, und unter diesen wieder sind die zuerst erscheinenden Formen die Gymnospermen oder nacktsamigen Pflanzen (wie die Zapfen tragenden Bäume: Tanne, Fichte u. s. w.), deren Bau, trotz der Größe, welche sie oft erreichen, weniger komplizirt ist als der von Pflanzen, die ihre Samen in Kapseln eingeschlossen haben.

Aus den vielen Beispielen, welche uns die geographische Verbreitung lebender Wesen liefert, will ich nur einen Fall, den der Insel-Insekten, auswählen. Dieselben sind in der Regel von derselben Art, wie die Insekten des benachbarten

Festlandes, ihre Flügel jedoch sind verkümmert und zwecklos. Nach der Schöpfungstheorie ist diese Thatsache ganz unverständlich. Warum sollte wohl ein Schöpfer diesen Wesen verkümmerte und ihren Genossen auf dem Festlande gut entwickelte Flügel gegeben haben? Wenn die Antwort lautet: „Damit sie nicht hinaus auf die See geweht werden können“, so entsteht auf's Neue die Frage: „Warum sind ihnen denn verkümmerte Flügel verliehen? Es wäre ja dann ebenso gut gewesen, wenn sie gar keine Flügel erhalten hätten.“ — Der Biolog giebt eine andere Erklärung dieser Thatsache, er folgert: Zu einer Zeit, als die Insel noch mit dem Festlande verbunden war, hatten beide jetzigen Arten eine gemeinsame Elternform; nach der Trennung der Insel vom Festlande waren von den auf der Insel gebliebenen Insekten die schlechtfliegenden nicht in dem Maße der Gefahr ausgesetzt, auf das Meer hinaus geweht zu werden, als ihre besser entwickelten Genossen, und hatten daher auch größere Wahrscheinlichkeit, am Leben zu bleiben. Da sie durch die Unvollständigkeit ihrer Flügel den neuen Verhältnissen besser angepaßt, und da durch natürliche Zuchtwahl diese Unfähigkeit zum Fliegen sich immer mehr fortpflanzte und verstärkte, so war es schließlich nicht anders möglich, als daß ihre Flügel verkümmerten und jetzt nur noch Insekten mit solchen verkümmerten Flügeln auf diesen Inseln vorgefunden werden. Die Reste der Flügel beweisen uns indessen den Ursprung dieser Insekten und die Stadien, welche ihre Voreltern durchzumachen hatten.

4) Morphologie. Dieses Wort im weitesten Sinne genommen, ist die Wissenschaft von den Formen der Lebewesen; sie bietet uns zahlreiche indirekte Beweise für die moderne Ansicht. Die sämmtlichen alten und neuen Entdeckungen der vergleichenden Anatomie der Pflanzen und Thiere sind in

Eintracht mit derselben. Durch die Darwin'sche Hypothese wird jeder Thatsache in Bezug auf die Anatomie der Lebewesen eine neue, höhere Bedeutung verliehen. Des Raummangels wegen kann ich leider hier nur zwei Fälle aus den vielen anführen; den der Homologie und der rudimentären Organe.

a) Homologie. Der Arm und das Bein des Menschen sind homolog (übereinstimmend im Bau). Obgleich ihre Funktionen verschieden, sind sie doch nach demselben allgemeinen Plan gebaut. Ein anderes noch merkwürdigeres Beispiel ist das des Seekrebses. Die zwanzig Anhängsel der zwanzig Ringe, aus denen sein Körper besteht, sind alle nach einem gemeinsamen Plane gebaut. Die Augen, die großen und kleinen Fühlhörner, die Nagekiefer, die zwei Paar oberen und unteren Kiefer, die drei Paar Kieferfüße, die Scheeren, die vier Paar Beine, die ihnen folgen, und die sechs Paar krustigen Flossenanhänge sind alle homolog. Die drei Paar Kieferfüße des Seekrebses sind wiederum den drei Paar Beinen der Insekten entsprechend.

Um ein Beispiel aus dem Pflanzenreich zu nehmen, so finden wir, daß alle Theile einer gewöhnlichen Blume eigentlich nur verwandelte Blätter sind. Eine Blume ist in der That ein zusammengedrängter Zweig. Die grünen äußeren Kelchblätter, die gewöhnlich gefärbten inneren Blätter oder Kronblätter, die fadenförmigen Staubblätter oder männlichen Organe mit ihrem Befruchtungsstaub oder Pollen, und die innersten von allen, die Fruchtblätter, mit ihren unreifen Samenknospen, die zwecks der Befruchtung von der Berührung mit dem Pollen abhängig sind — alle diese vier Theile sind nur verwandelte Blätter. In gleicher Weise sind die weißen unterirdischen Zwiebelhäute der Lilie oder Hyazinthe, die blätterartigen Gebilde am Anfang der Blüthenstiele der meisten Pflanzen nur Blattverwandlungen. Diese

Thatsachen werden bewiesen durch den Bau der betreffenden Organe, durch die Geschichte ihrer Entwicklung, durch die Art und Weise, in welcher sie sich manchmal in die einfache Blattform zurückverwandeln, so daß eine Blumenknospe durch einen Büschel gewöhnlicher grüner Blätter ersetzt wird.

Doch weiter finden wir beim Studium der Pflanzen, daß selbst die abweichendsten Formen des Pflanzenreiches durch eine Reihe von Zwischenformen mit den normalen Pflanzen verbunden sind; und ferner, daß sogar die sonderlichsten Formen nur Verwandlungen der gewöhnlichen Organe anderer Pflanzen sind. So ist die sonderbar aussehende Orchidee, mit ihrem langen Sporn, ihrer eigenthümlich geformten und gefärbten Honiglippe, ihrem einzigen Staubgefäß und dem eigenthümlichen Narbenfortsatz (Schnäbelchen genannt) dennoch nach dem Modell der gewöhnlichen Form der zu dieser Klasse gehörigen Blumen gebaut. Genau betrachtet sind die Orchidee und die Lilie mit ihrer Regelmäßigkeit und Einfachheit des Baues nach einem und demselben Typus gebildet. Jedes der sechs Staubgefäße der Lilie, welche der Klasse der Monokotyledonen (zu der sowohl die Orchidee als auch die Lilie gehört) so eigenthümlich, sind ebenfalls in der Orchidee vertreten. Jedoch nur eines dieser Staubgefäße funktionirt in der Orchidee, indem es den Befruchtungsstaub trägt, aber doch sind die fünf anderen in gewissen Formen vorhanden. Die zwei Seitenflügel der Honiglippe, die zwei Theile des Bettes, in welchen das eine vollkommene Staubgefäß liegt, und ein Faden einfacher Gefäße, welcher an einer Stelle der Blume hinaufläuft, sind homolog mit den fünf fehlenden Staubgefäßen.

Nach der Schöpfungstheorie ist diese Verwandlung derselben fundamentalen Theile an verschiedenen Stellen einer

und derselben Pflanze oder in verschiedenen Pflanzen unbegreiflich; nach der Entwicklungstheorie ist sie jedoch leicht verständlich. Niemand zwar wird behaupten, daß eine solche Anordnung nach der Schöpfungstheorie unmöglich sei. Jedermann muß jedoch zugestehen, daß sie nach der Theorie der Entwicklung durch Modifikation viel begreiflicher und verständlicher ist.

b) Rudimentäre Organe. In den meisten Thieren und Pflanzen finden sich Organe, die augenscheinlich von gar keinem Nutzen für ihren Besitzer sind. Das Vorkommen solcher sogenannter rudimentären Organe wird durch die Darwin'sche Theorie auf sehr befriedigende Art erklärt. Die Haare an unserm Körper sind sehr bedeutungsvoll, wenn wir bedenken, daß sie wahrscheinlich das Ueberbleibsel der Haar-Bedeckung einer vorelterlichen Form sind. Welches Interesse erregt nicht die kleine rothe Falte im inneren Augenwinkel des Menschen, sobald wir erfahren, daß sie mit dem dritten Augenlid der Vögel durch zahllose Abstufungen zusammenhängt. Für den Anhänger der Schöpfungstheorie sind solche Organe und Tausende ähnliche eine unüberwindliche Schwierigkeit — sie sind ein stummer Appell an den gesunden Menschenverstand.

Es giebt kaum eine Pflanze oder Thier von irgendwelcher Komplizirtheit des Baues, welches nicht rudimentäre Organe besäße, d. h. Organe, so durch Nichtgebrauch verkümmert, daß sie von keiner funktionellen Bedeutung mehr sind. Die Anwesenheit solcher Organe ist durch keine der bis jetzt aufgestellten Theorien außer der Darwin'schen erklärbar. Denn wenn ein Schöpfer solche Organe, welche von keinem Nutzen für ihren Besitzer sind, speziell geschaffen haben sollte, so wäre dies eine Verschwendung von Zeit und Material gewesen. Wenn wir jedoch annehmen, daß Pflanzen und

Thiere sich durch allmälige Umbildung von früheren Formen entwickelt haben, so ist es nur natürlich, daß wir auch Spuren von Organen begegnen, die, einst besser entwickelt, den Vorfahren solcher Pflanzen und Thiere nützlich und nothwendig waren, jedoch später durch Nichtgebrauch mehr oder weniger zurückgegangen oder ganz verschwunden sind.

Das oben gegebene Beispiel der Orchidee ist ein solcher Fall. Hier z. B. ist der kleine Faden spiraler Gefäße in der Orchideenblüthe durch die Vereinigung des Staubblattkreises mit den Fruchtblättern entstanden, das Rudiment eines der sechs Staubfäden der gewöhnlichen Monokotyledonen. Oder betrachten wir einen anderen Fall, den des Fingerhutes und seiner Verwandten. Diese Pflanzen haben vier Staubfäden; die Glieder der nächstverwandten Ordnung deren jedoch fünf. Das Rudiment des fünften Staubfadens nun ist stets im Fingerhut und seinen Verwandten zu finden.

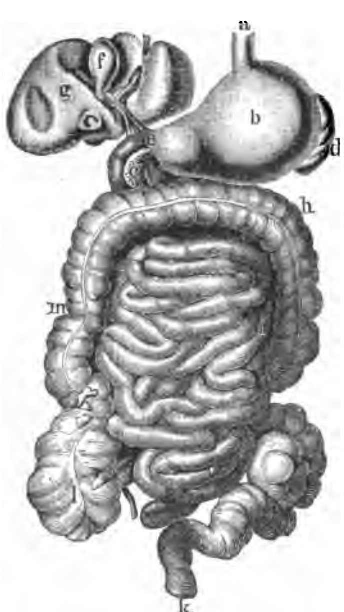


Fig. 2. Verdauungsorgane.

In dem Darmkanal (s. Fig. 2) des Menschen findet sich ein Theil, welcher Blinddarm genannt wird. Auf den Magen (b) folgt im Menschen der Darmkanal; derselbe ist anfangs eng und wird daher Dünndarm (i) genannt, später jedoch umfangreicher und heißt nun Dickdarm (m). Die beiden stoßen jedoch nicht mit ihren

Enden aneinander, sondern der Dünndarm läuft in die Seite des Dickdarms, und theilt diesen in zwei Hälften; die kleinere bildet eine Sackgasse, während die andere große Hälfte (k) weiter nach dem After sich fortsetzt. Jene Sackgasse wird Blinddarm (l) genannt. Er ist beim Menschen klein und besitzt eine eigene Ausstülpung, den Wurmfortsatz. (Dieser ist auf Fig. 2 nicht mit einem Buchstaben bezeichnet, aber leicht kenntlich rechts vom Blinddarm.) Der Blinddarm hat eine Länge von 2½ Zoll, und ist die Breite ungefähr der Länge gleich. Der wurmförmige Fortsatz ist verschieden in der Länge, von 3 bis zu 6 Zoll, während sein Durchmesser ungefähr der eines Federkiels ist. Der Blinddarm, nur rudimentär bei den höheren Thieren, repräsentirt ein sehr großes Organ in den niederen. So ist in vielen niederen Säugethieren, z. B. dem Kaninchen, der Blinddarm von großer Länge und hat wahrscheinlich eine Funktion von großer Bedeutung und Wichtigkeit. Sein Vorkommen in den höheren Thieren ist ein Beweis ihrer Abstammung von niederen Formen, in welchen der Blinddarm gut ausgebildet und von Bedeutung war.

5) Embryologie. Dieses Wort bedeutet den Wissenszweig, der sich mit der Entwicklung eines lebenden Wesens vom ersten und einfachsten bis zum vollständig ausgewachsenen Zustand beschäftigt. Jedes Thier und jede Pflanze, welche in ihrem vollendeten Zustand nicht von der allereinfachsten Organisation ist, beginnt das Leben als der einfachste Organismus und schreitet von Stufe zu Stufe, zu immer vermehrter Komplizirtheit, bis schließlich die vollendete Form erreicht ist. Welchen Zweck könnte dies nach der Schöpfungstheorie haben? Nach der Theorie der Entstehung der Arten durch Variation, natürliche Zuchtwahl, Vererbung mit Umänderung, ist es jedoch gerade das, was wir erwarten müssen. Das mensch-

liche Wesen ist zuerst nur ein Stückchen Protoplasma (eine eiweißartige Kohlenstoffverbindung), später eine Zelle, ein Zellenpaar, 4, 8, 16, 32, eine Masse Zellen, dann ein Flüssigkeit enthaltender Sack, und geht so weiter durch eine Reihe von Abstufungen, von denen jede einer entsprechenden niederen Thierform entspricht. Eine Zeit lang ist sogar kein Anzeichen vorhanden, daß ein Wirbelthier sich entwickelt. Selbst wenn dieses klar geworden, ist die Art, der es angehören soll, noch unbestimmt; und wenn wir zuletzt wissen, daß ein Säugethier sich entwickelt, so können wir, ohne die Mutter zu kennen, in der diese Entwicklung vor sich geht, noch nicht bestimmen, ob es ein Mensch oder Affe sei; bis viel später die weitere Entwicklung uns dies endlich ermöglicht. Zu einer gewissen Zeit im Leben des menschlichen Wesens finden sich Theile desselben, welche in keiner Weise von den Kiemenbogen des Fisches verschieden sind. Ja, wir tragen selbst als erwachsene Menschen noch einen Knochen, den Zungenträger, welcher dem Athmungs-Apparat der Fische homolog ist. Welche hohe Bedeutung hat doch diese fortschreitende Entwicklung des Individuums für den Evolutionär! Sie ist ein Auszug aus der Geschichte des Menschengeschlechts. Die höheren Thiere wie das höchste Thier, der Mensch, durcheilen in wenigen Jahren Stadien, welche die von urelterlichen Formen in den unmeßbaren Zeitaltern der Vergangenheit durchwandelten repräsentiren.

Und wie bei den Thieren, so zeigen sich auch bei den Pflanzen dieselben Erscheinungen. Jede der höher organisirten Pflanzen beginnt ihr Leben als ein Stückchen Protoplasma. Dieses wird eine Zelle, und diese Zelle geht durch Entwicklungsstadien, welche je wieder dem vollkommenen Zustand eines der niederen Glieder des Pflanzenreichs entsprechen. So ist der Eichbaum oder der Rosenstrauch anfangs

nichts als eine einzellige Pflanze, welche sich in keinem wesentlichen Punkte des Baues von der einfachsten Alge unterscheidet.

An dieser Stelle wird es passend sein, die zwei Ausdrücke „Ontogenie" und „Phylogenie" zu erklären. „Ontogenie" bedeutet die Entwicklung des Individuums, und ist gleichbedeutend mit Embryologie; es ist die Bezeichnung für die Reihenfolge von Veränderungen, welche ein lebendes Wesen vom einfachen Zustande seines ersten Erscheinens aufwärts bis zum vollständig ausgewachsenen Zustande durchmacht. „Phylogenie" bedeutet die Entwicklung der Art, d. h. die Reihenfolge von Veränderungen, welche die Vorfahren einer Pflanze oder eines Thieres im Laufe der Zeiten durchgemacht haben. Wenn die Schöpfungstheorie von den Männern der Wissenschaft als gültig angenommen würde, so könnte von einer Wissenschaft der Phylogenie keine Rede sein. Die Ontogenie wäre ein vielleicht denkbares Studium. Es waren jedoch zum großen Theil die Entdeckungen der Ontologie, welche die Männer der Wissenschaft zu der Schlußfolgerung zwangen, daß die Evolutionstheorie die allein richtige. Das Studium der Entwicklung des individuellen lebenden Wesens bringt uns täglich neue Beweise zu Gunsten dieser Theorie. Jede Thatsache, welche der Embryologe zu der Summe unseres Wissens hinzufügt, ist in Eintracht mit der Evolutionstheorie.

So klar und bestimmt ist dies von Biologen anerkannt, daß sie jetzt den Grundsatz aufgestellt haben: „Die Ontogenie eines lebenden Wesens ist ein Auszug aus seiner Phylogenie." Jedes Stadium in der Entwicklungsgeschichte einer Pflanze oder eines Thieres von heute repräsentirt ein Stadium der Entwicklung vorelterlicher Formen in der Vergangenheit.

6) Vorhersagung. Eine Hypothese ist in das Gebiet der Thatsachen übergegangen, wenn eine Vorhersagung, die auf ihr basirt war, eingetroffen ist. Dies ist für die Masse ein endgültiger Beweis, den sie annimmt, selbst wenn sie Beweise, wie die oben angeführten, verwirft. Die Schwerkraft-Theorie erhielt ihre Beweiskrönung, als, aus ihr folgernd, Astronomen ihre Teleskope nach einer Himmelsgegend richteten, wo bisher noch kein Planet bemerkt worden, in der Erwartung, daß sich daselbst ein Planet befinden müsse — und sie den Neptun fanden. Und wenn Professor Huxley, aus der Evolutionstheorie folgernd, als er die Zähne des Pferdes und seiner Verwandten studirte, behauptete, daß eine gewisse Zahnart wahrscheinlich schon bei einer ausgestorbenen Thierart existirt habe, und dieselbe Zahnart später auch wirklich in den Gesteinschichten aufgefunden wurde, so ruhte die Theorie der Abstammung mit Modifikation auf einer sicherern Basis denn je.

Von der Schwerkraft-Theorie ausgehend, berechneten die Astronomen Adams und Leverrier aus gewissen Störungen in der Bewegung des Planeten Uranus das Vorhandensein eines anderen bisher noch unbekannten Planeten an einem bestimmten Punkte des Himmels. In derselben Nacht (23. September 1846), in der ihm das Resultat der Berechnung Leverrier's bekannt wurde, richtete der Astronom Dr. Galle das Teleskop der Berliner Sternwarte nach dem bezeichneten Punkte des Himmels und entdeckte den Planeten Neptun.

Derselbe ist von allen bekannten Planeten am weitesten von der Sonne entfernt; sein Durchmesser beträgt 7380 Meilen, und seine Entfernung von der Erde ungefähr 600 Millionen Meilen.

Auch die Theorie der Evolution der Arten durch Variation

und natürliche Zuchtwahl ist deduktiv*) angewandt worden. Wir wollen hier wieder als Beispiel die schon öfters angeführte Orchidee nehmen. Von der Ansicht ausgehend, daß die Orchidee nicht fix und fertig „geschaffen“ sei, sondern von einer mit den anderen Monokotyledonen gemeinsamen Elternform abstamme, wurde Darwin zu einer Nachforschung durch die Thatsache veranlaßt, daß in dieser nur ein Staubgefäß vorhanden, obgleich die meisten Pflanzen dieser Ordnung deren sechs besitzen. Aus seiner eigenen großen Induktion deduktiv folgernd, begann er nach den anderen Staubgefäßen zu suchen. Durch eine Reihe zarter Zergliederungen und Beobachtungen der Entwicklung dieser Pflanze gelang es ihm endlich, die Repräsentanten der fünf verschwundenen Staubgefäße aufzufinden. Dies ist nur einer von den vielen Fällen, daß Biologen oder Zoologen, ihre Muthmaßungen auf die Darwin'sche Theorie gründend, nach gewissen noch nicht bemerkten Einzelheiten des Baues einer Pflanze oder eines Thieres suchten und sie wirklich fanden. Die Theorie der Abstammung der Arten durch natürliche Zuchtwahl ist in Wirklichkeit dem Naturforscher eine Leuchte, ein Führer auf allen seinen Wegen.

Aus der Evolutionstheorie folgernd, wurde ein typischer Zahn entworfen und gezeichnet, wie er wahrscheinlich einem ausgestorbenen Thiere, einem Vorfahren des Pferdes und seiner Verwandten, angehört hatte. In der That fand sich dieser theoretisch konstruirte Zahn später in einem Fossil der Pliocän- und älteren Miocänschichten vor; das Thier, dem er angehörte, wurde Hipparion (griechischer Name für Pferdchen, Fohlen) genannt. — —

*) Deduktion nennt man eine Schlußfolgerung, die von allgemeinen Grundsätzen ausgeht; Induktion dagegen ist die Ableitung allgemeiner Gesetze aus besonderen Thatsachen.



Jeder Streit zwischen zwei rivalisirenden Hypothesen kann nur durch einen Appell an Thatsachen entschieden werden. Das Gemüth kommt hierbei gar nicht in Betracht. Hier haben wir nun zwei solche Hypothesen: die eine die der Erschaffung der Arten; die andere die der Entstehung der Arten durch Variation, natürliche Zuchtwahl, Vererbung mit Modifikation. Sie sind nicht nur einander widersprechend, sie schließen sich gegenseitig aus. Schwierigkeiten begleiten beide; aber die Schwierigkeiten auf Seiten der alten Theorie sind überwältigend, während die die neue umgebenden in keinem Falle unüberwindlich sind.

Wenn wir uns nun nach den Thatsachen umsehen, so finden wir, daß auf Seiten der Schöpfungstheorie nicht ein Funken von Beweis zu erbringen ist. Auf der anderen Seite fehlt direkter Beweis für die Abstammung der Arten durch natürliche Zuchtwahl nicht gänzlich, während indirekter Beweis in unglaublicher Menge und Bedeutung vorhanden ist.

Bezüglich des direkten Beweises glaube ich, daß es ganz gerechtfertigt ist, wenn wir die beobachteten Variationen in Pflanzen und Thieren unter der menschlichen Herrschaft, und die Hervorbringung so zahlreicher und verschiedenartiger Variationen, als solchen rechnen. Genau dasselbe scheint mir mit den von der Embryologie gelieferten Thatsachen der Fall zu sein. Wenn wir einen Fall der Schöpfung einer Art zu sehen wünschen, erfahren wir, daß ein solcher nirgends zu finden. Wollen wir andrerseits einen Fall der Entwicklung einer komplizirten organischen Form sehen, so brauchen wir nur die Entwicklung einer höher organisirten Pflanze oder eines Thieres zu betrachten. In etwa zwanzig Jahren sehen wir wirklich ein menschliches Wesen sich von dem Zustande einer einfachen Zelle zu dem eines gedankenvollen, thätigen Menschen entwickeln.

Von indirekten Beweisen zu Gunsten der Hypothese Darwin's giebt es kein Ende. Es ist schon der Versuch von ihm und seinen Anhängern gemacht worden, diese Thatsachen zu gruppiren. Wir dürfen kühn behaupten, daß jede neue Entdeckung eine Thatsache zu Gunsten der modernen Ansicht lieferte. Auf der andern Seite müssen wir uns daran erinnern, daß das jetzt so fest begründete große Grundgesetz der Erhaltung der Energie durch die Annahme einer „Schöpfung" auf's tiefste verletzt wird, mit der Idee der Entwicklung der Arten jedoch im Einklang steht; daß unsere Klassifikationssysteme, mit ihren ineinanderlaufenden individuellen Gruppen, nach der einen Theorie nur einen willkürlichen, planlosen Willensakt, nach der anderen einen Stammbaum alles Lebens darstellen; daß die Theorie der Erschaffung der Arten keine befriedigende Erklärung des Erscheinens einfacherer Formen lebender Dinge in den früheren und älteren Erdschichten, gefolgt durch das Erscheinen komplizirterer Formen in den jüngeren Schichten, giebt, während dieser allmälige Fortschritt der Organisation vom Evolutionär als ganz natürlich erwartet wird; daß die jetzige Verbreitung lebender Dinge auf der Oberfläche der Erde nur durch die wissenschaftliche Ansicht erklärbar ist; daß die Entdeckungen der Anatomie der Pflanzen und Thiere im Einklang mit der Darwin'schen Theorie und nur in ihr bedeutungsvoll sind; daß solche Thatsachen, wie das Vorhandensein rudimentärer Organe, und die der Homologie (Aehnlichkeit des Baues ohne gleichzeitige nothwendige Aehnlichkeit der Funktion) nach einer anderen als der modernen Theorie bedeutungslos sind; daß die Entwicklung eines lebenden Wesens von den einfachsten Zuständen durch mehr und mehr komplizirte bis zum völlig entwickelten Zustand einer besonderen Pflanze oder Thieres ein Auszug aus der Ahnen-

geschichte jedes lebenden Wesens und in direktem Widerspruch mit der Schöpfungs-Hypothese ist; daß die große Induktion in Betreff der Entstehung der Arten, eine Induktion aus zahllosen Thatsachen, nie fehl führt, wenn immer sie angewendet wird; daß endlich, folgernd aus ihr, gewisse Erscheinungen erwartet und auch wirklich gefunden wurden: Wenn man alles dies bedenkt, ist es für Jemand, der sich mit diesen Fragen mit wirklich wissenschaftlichem Geiste beschäftigt, unmöglich, auch nur einen Augenblick darüber zu schwanken, welche von den beiden Theorien die richtige ist.

Viertes Kapitel.

Die Evolutionstheorie.

Wie schon im Anfang hervorgehoben, ist die Darwin'sche Theorie nicht gleichbedeutend mit der Evolutionstheorie, sondern nur ein Theil derselben, obschon vielleicht der wesentlichste. Die Darwin'sche Theorie beschäftigte sich nur mit der Entwicklung der zwei höchsten Formen lebenden Stoffs und wies die Gesetze nach, auf Grund deren die Entwicklung desselben vor sich gegangen. Durch sie jedoch wurde ein neuer Geist in das Gesammtgebiet der Wissenschaft eingeführt; und eine Wissenschaft nach der andern war gezwungen, gleiche Gesetze auch für sich anzuerkennen. Jedoch ist weder die Darwin'sche Theorie selbst eine plötzlich entdeckte und sofort allgemein angenommene Wahrheit gewesen, noch die der Evolution plötzlich zur allein herrschenden unter den Männern der Wissenschaft geworden. Es war das immer tiefere Eindringen in das Wesen der Natur, und die immer größer werdende Bekanntschaft mit den Naturkräften und -gesetzen, welche anfangs zum schüchternen, später offeneren, und schließlich allgemeinen Anerkennen der Einheit und Beständigkeit der Erscheinungen führten.

Im Anfang haben wir schon einige ziemlich bestimmte Aeußerungen hervorragender Geister des vorigen und Anfangs dieses Jahrhunderts, wie Erasmus Darwin, Goethe, Geoffroy St. Hilaire und Lamarck, gebracht, welche sich sämmtlich im Sinne dieser Theorie aussprachen. Wir wollen nun kurz

einige Beiträge von anderen Wissenschaften für die Evolutions-theorie betrachten.

Das Gesetz der „Erhaltung der Energie“ ist in gewissem Sinn der Anfangspunkt des Nachdenkens über diese Theorie. Die 1842 vom Engländer William Grove veröffentlichte Abhandlung über die „Wechselwirkung der physischen Kräfte“ war die erste klare Verkündigung der Verallgemeinerung der Naturkräfte, zu welcher so viele Beobachtungen bereits geführt hatten. Als er darauf aufmerksam machte, daß chemische Wirkung, Elektrizität, Wärme, Klang, Licht, Magnetismus und Leben, alle eins in das andere und zwar in bestimmten, mathematisch ausrechenbaren Verhältnissen verwandelbar seien, so war der Schlüssel zu der Idee der Evolution geliefert.

Obgleich es sonderbar klingen mag, erlangt dennoch eine Idee in irgend einem Zweige des Wissens nicht eher sichere Basis, als bis sie durch mathematische Begriffe ausdrückbar ist. Es gab eine Zeit, in der Physik und Chemie streng von der Mathematik geschieden waren. Jetzt jedoch werden selbst die Erscheinungen der Elektrizität und die Wirkungen chemischer Körper aufeinander in algebraischen Formeln ausgedrückt. Es ist dies das Resultat der vermehrten Genauigkeit unserer Kenntnisse. Den Fußstapfen der Chemie und Physik folgend werden auch die biologischen Wissenschaften täglich mehr und mehr mathematisch. Wir haben bereits Formeln, um die Art der Anordnung der Blätter eines Stengels oder der Theile einer Blume auszudrücken. In nicht gar ferner Zeit wird jede strukturelle oder funktionelle Erscheinung eines lebenden Wesens auf eine mehr oder weniger allgemeine mathematische Formel bezogen werden. Es liegt eine Erhabenheit in dieser Genauigkeit.

Doch die Wissenschaften selbst, welche von den verschiedenen Arten des Stoffes und der Bewegung handeln,

sind heute keineswegs so strikt von einander abgeschieden, als man früher annahm. Physik, Chemie, Geologie, Botanik, Zoologie, Anatomie, Physiologie sind keine streng geschiedenen Wissenschaften, sondern reichen eine in das Gebiet der andern hinüber. Es ist manchmal unmöglich zu sagen, in welches Wissensgebiet eine besondere Thatsache gehört. Die Unterscheidungen zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften von Körpern sind eingestandenermaßen künstliche. Die Botanik macht ein Studium der Anatomie und Physiologie der Pflanzen nöthig. Die Physiologie hinwiederum wird nur eine Frage der Chemie; ihre Erscheinungen werden auf mathematische Ausdrücke reduzirt. Wir fangen schon an, den wirklichen Arbeitsbetrag, welcher durch die Ausübung der körperlichen Funktionen verrichtet wird, ebenso auszurechnen, wie die Arbeit, die von einer Dampfmaschine geleistet wird. Die Athmungs- oder Muskelorgane verrichten während des Tags so und so viele Fußpfunde Arbeit. Das Fußpfund ist die Messungseinheit, welche beim Studium der Arbeit angewandt wird. Arbeit wird verrichtet, wenn Stoff durch den Raum bewegt wird. Das Fußpfund ist der Betrag gethaner Arbeit, wenn eine Pfund-Masse gegen die Erdanziehungskraft einen Fuß in die Höhe gehoben wird. Eine Dampfmaschine verrichtet per Tag einen gewissen, nach Fußpfunden gemessenen Betrag Arbeit; ihre Leistungsfähigkeit wird gewöhnlich durch Angabe so und so vieler Pferdekräfte ausgedrückt. Eine Pferdekraft ist gleich 33,000 Fußpfunden per Minute. Die Physiologen sind mittels sehr verwickelter und sorgfältiger Berechnungen im Stande, mit immer erhöhter Genauigkeit das Aequivalent in Fußpfunden, d. h. das mechanische Aequivalent jeder körperlichen Funktion eines Durchschnitts-Menschen pro Tag anzugeben.

Wenden wir uns nun zu irgend einer Spezial-Wissenschaft, so finden wir dasselbe Uebergreifen und Hinübergleiten in andere Gebiete. In der Chemie ist es schwierig, eine Körpergruppe von allen anderen abzuscheiden. Die drei Körpergruppen, mit denen sich die Chemie beschäftigt, sind Elemente oder unzerlegbare Stoffe, Gemenge und Verbindungen. Ein Element, wie Kohlenstoff oder Gold, ist ein Körper, welcher nach unserm Wissen nicht weiter zerlegbar ist. Ein Gemenge entsteht durch das Zusammenbringen zweier oder mehrerer Substanzen, ohne daß diese eine Veränderung ihrer Eigenschaften erleiden. So ist z. B. das Schießpulver ein Gemenge; trotz des Zusammenbringens sind die Eigenschaften der Holzkohle, des Salpeters und des Schwefels unverändert. Eine Verbindung ist das Resultat der Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente, wobei eine Veränderung der Eigenschaften der einzelnen Elemente eintritt. So ist das Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff; seine Eigenschaften sind jedoch verschieden von denen des Wasserstoffs wie des Sauerstoffs. Die Fundamental-Unterscheidung, welche dem chemischen Studium zu Grunde liegen soll, die zwischen Elementen und Verbindungen, wird indessen für unanwendbar befunden, wenn wir solche Körper wie Cyanogen (eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff) studiren, welches sich wie ein Element verhält. Ammonium (eine Verbindung von vier Atomen Wasserstoff und einem Atom Stickstoff) verhält sich ebenfalls wie ein Element und nimmt den Platz solcher metallischen Elemente wie Kalium oder Natrium ein. In der That sind alle zusammengesetzten Radikale, welchen wir so häufig beim Studium der organischen Chemie begegnen, nur Gruppen zweier, oder Atome zweier oder mehrerer Elemente, die sich jedoch wie einfache Körper verhalten. Den Uebergang von

den Metallen zu den Nichtmetallen bilden solche Körper wie Arsen oder Selen, welche unbestimmter Art, und von einem Chemiker unter die Metalle, von einem anderen unter die Nichtmetalle gereiht werden. Der Wasserstoff, welcher gewöhnlich unter die Nichtmetalle gerechnet wird, hat die Eigenschaft, metallische Elemente wieder herzustellen. Er thut dies so beständig und nachdrücklich, daß schon seit langem viele Chemiker denselben als ein wahrscheinlich metallisches Element betrachten.

Als es dem französischen Chemiker Pictet gelungen war, den Wasserstoff aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand zu versetzen, fiel die Flüssigkeit mit einem metallischen Klang auf den Boden des Laboratoriums. Und wer ist im Stande, mit Sicherheit sagen zu können, ob eine Legirung von Kupfer und Zink ein Gemenge oder eine Verbindung der beiden Metalle ist?

Von größerer Bedeutung ist jedoch die Ueberbrückung der früher angenommenen Kluft zwischen den anorganischen und organischen chemischen Substanzen. Vor wenigen Jahren noch wurde diese Kluft für groß, festbestimmt und unüberschreitbar gehalten. Man hielt die künstliche Herstellung mineralischer oder anorganischer Substanzen für möglich, die organischer jedoch für absolut unmöglich. Der Chemiker mochte beständig Wasserstoff und Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak fabriziren; aber auf die künstliche Herstellung von Alkohol, Zucker, Harnstoff oder irgend welcher der vielen, organisch genannten Substanzen, hoffte er nicht. Doch alles dieses thörichte Unmöglichhalten ist jetzt vorüber; auch die organischen Körper werden fabrizirt. Die anorganischen und die organischen werden nicht länger mehr für klar unterscheidbar gehalten. Selbst die Titel chemischer Bücher erkennen und verkünden diese Thatsache; wir haben nicht länger Werke

über organische Chemie, dafür aber über die Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen.

In der Geologie gehen die verschiedenen Gesteinschichten eine in die andere über und kann man nicht länger streng geschiedene Lagen oder Schichten annehmen. Zwischen den neptunischen oder sedimentären (den durch Wasserwirkung) und den plutonischen (durch Feuerwirkung gebildeten) erkennen wir jetzt eine dritte Art an, die metamorphischen, d. h. sedimentäre Schichten, welche nach ihrer Bildung der Einwirkung des Feuers ausgesetzt waren. Die verschiedenen Systeme der sedimentären Gesteinschichten werden jetzt nur noch als künstliche, wennschon praktische Abtheilungen betrachtet. Von den Laurentischen bis herauf zu den neueren Schichten ist durchaus keine wirkliche Kluft nachzuweisen. Nirgends ist der geringste Beweis für eine Pause oder einen Wiederanfang in der Bildung gegeben. Unsere Gruppen sind daher nur künstliche, die Natur hat nichts mit ihnen zu schaffen.

Während die Gesteinschichten so allmälig eine in die andere hinübergleiten, ist dies mit den Fossil- (versteinerten Pflanzen- und Thier-) Ueberresten gleicherweise der Fall. Was wir hier sehen, ist gerade das, was wir nach der Evolutionstheorie zu erwarten haben. In den untersten untersuchten Schichten finden wir die Ueberreste von erhaltbaren niederen Organismen, in den darauf folgenden schon komplizirtere, und so aufwärts in jeder neueren Schicht stets komplizirtere als in der vorangehenden.

In gleicher Weise ist auch die Kluft, die zwischen lebenden und nichtlebenden Dingen existiren sollte, ausgefüllt. So lange die Menschen nur die höheren Formen lebender Wesen studirten, gab es keine Schwierigkeit, solche lebende Formen zu bestimmen und zu unterscheiden; für die niedersten

uns bekannten Formen ist dies jedoch unmöglich. Wie wahr dies ist, kann nur derjenige voll und ganz ermessen, der die Protoplasma-Formen, welche an der Grenzlinie zwischen dem Organischen und dem Unorganischen schweben, studirt. Jedoch auch der in Mikroskop-Arbeiten Ungeübte ist im Stande, etwas von dieser großen Wahrheit zu erfassen, wenn er sich nur die Mühe geben will, die zahlreichen Erklärungen vom Leben, die von verschiedenen Personen gegeben sind, durchzulesen und zu bemerken, wie unbefriedigend, wie einander und oft sich selbst widersprechend sie sind.

Gehen wir zu dem Pflanzen- und Thierreich über, so haben wir schon eingehender in den drei ersten Kapiteln dieses Schriftchens Gelegenheit gehabt, zu sehen, daß die alte Annahme geschiedener Reiche unhaltbar, und daß es gerade die Darwin'sche Theorie war, welche auf die allmälige Entwicklung der lebenden Dinge hinwies und sie als aus wenigen früheren Formen entstanden hinstellte. Jedoch einer anderen und früher für bedeutend gehaltenen Unterscheidung, der der Ernährungsart, müssen wir hier Erwähnung thun. Man nahm an, daß Pflanzen sich nur von anorganischen, und Thiere sich nur von organischen Stoffen ernährten. Das Vorhandensein pflanzlicher Schmarotzer und insektenfressender Pflanzen ist jedoch ein direkter Widerspruch gegen diese Annahme. Und hier selbst ist es interessant zu sehen, daß auch auf diesem Gebiete keine Kluft existirt, und daß zwischen den Pflanzen, die sich nur von anorganischen Stoffen nähren und denen, die Thieren gleich, organische Substanzen aufnehmen, eine Uebergangsstufe vorhanden ist. Diese wird von einer Pflanzengruppe, den Saprophyten, welche sich von verwesenden organischen Stoffen nähren, gebildet. So ausgeprägt ist diese Schwierigkeit der Unterscheidung zwischen

den niederen Pflanzen und den niederen Thieren, daß schon der Vorschlag gemacht worden ist, ein drittes Reich, halbenweges zwischen den bereits angenommenen, zu errichten. Dieses sollte das der Protisten oder Urwesen genannt werden und alle zweifelhaften Formen, die nicht bestimmt entweder zum Thier- oder zum Pflanzenreich gerechnet werden können, umfassen.

Wenn man die willkürliche Art und Weise unserer jetzigen Klassifikationssysteme versteht, so wird auch diese neue Abtheilung keinen großen Nachtheil verursachen. Für den Systematiker jedoch ist die Arbeit eine doppelte. Bisher hatte er sich jedesmal nur über eine besondere Form zu streiten, um sie endgültig in das Thier- oder Pflanzenreich zu reihen; jetzt aber hat er zu bestimmen, ob diese fragliche Form in das Reich der Protisten oder in's Thierreich, oder zu den Protisten oder Pflanzen gehört. Der Evolutionär würde indessen auf diese neue Abtheilung nur blicken als Formen enthaltend, welche die Elternformen sowohl der Pflanzen als der Thiere repräsentiren.

Wir haben früher schon gesehen, daß auch im Thier- und Pflanzenreich keine Lücke existirt, daß eine Art in die andere hinüberreicht und somit eine Kette bildet, deren oberstes Glied die höchste Thierform, der Mensch, ist.

Wenden wir uns nun zum Studium des Einzelwesens, so tritt uns dieselbe Einheit der Erscheinungen entgegen. Die körperlichen Funktionen sind keineswegs so bestimmt abgegrenzt und geschieden, als man gewöhnlich annimmt. Die Sinnesorgane des Menschen z. B. sind weiter nichts als Modifikationen der Deckhaut. Diese selbst ist das Gefühlsorgan und empfindet genau jeden äußeren Eindruck, ob kalt, warm, heiß, naß u. s. w. Die Zunge oder das Geschmacksorgan ist nichts als eine etwas modifizirte und ein-

wärts gefaltete Deckhaut. Die Nasenhöhlen sind ebenfalls mit einer Modifikation der Deckhaut ausgestattet, und selbst die komplizirtesten und zu gleicher Zeit wichtigsten Sinnesorgane — das Auge und das Ohr — sind, wie uns das Studium der individuellen Entwicklung oder Embryologie lehrt, nur das Resultat einer Reihe gewisse Theile der Oberhaut betreffender bemerkenswerther Veränderungen.

Die physiologischen Funktionen des menschlichen Körpers, welche bestimmt von einander abgeschieden zu sein scheinen, sind dennoch nicht vollständig zu trennen. Betrachten wir z. B. die Absonderungsthätigkeit der Haut, der Lungen und der Nieren (Harnbereiter). Die Lungen sondern namentlich Kohlensäure, die Haut Wasser und die Nieren Stickstoffverbindungen ab. Jedes dieser drei Organe führt jedoch theilweise auch die von den andern hauptsächlich abgesonderten Stoffe aus. So sondern die Lungen, während sie hauptsächlich Kohlensäure abgeben, auch Wasser in der Form von Dampf und Stickstoffverbindungen ab. Die Haut entläßt eine gewisse Quantität Kohlensäure und Stickstoff. Die Nieren führen alle drei Formen des Absonderungsstoffs ab. Funktionirt eines dieser drei Organe nicht regelrecht, so erhalten die zwei anderen Extraarbeit, d. h. sie haben die nicht verrichtete Arbeit des dritten Organs mit zu besorgen. In einigen außergewöhnlichen Fällen ist diese Uebertragung der Funktion wirklich merkwürdig. So hat sich sogar ein Fall ereignet, daß ein Geschwür im menschlichen Körper Milch absonderte.

* * *

Man versuche nun, sich wenigstens theilweise die hohe Bedeutung aller dieser Thatsachen zu verwirklichen. Es ist nicht länger mehr möglich, die verschiedenen Gebiete des Wissens scharf von einander zu scheiden. Die Wissenschaft

ist Eins, denn sie ist das Studium der Natur, und die Natur ist Eins. In jedem unserer täglich mehr und mehr wachsenden Zweige der Wissenschaft finden wir unzählige Uebergänge und unaufhörliche Abstufungen. Unsere chemischen Gruppen, unsere geologischen Abtheilungen der Felsen und Schichten, unsere organischen und unorganischen Reiche, unsere Klassifikationen der Pflanzen und Thiere, unsere Klassen, Ordnungen, Gattungen, Arten sind alle nur künstlich.

Dies nun ist die neue Lehre, welche jetzt zur immer größeren Anerkennung und Herrschaft gelangt. Das Weltall ist Ein ungeheures Ganzes. Wohl scheint es auf den ersten Blick, als hätten wir einen Verlust erlitten infolge des Verschwindens der alten, strikten Grenzen. Jedoch unser Blick auf das Ganze gewinnt unvergleichlich; wir gelangen zu einer weiteren und wahreren Auffassung des Weltalls. Wenn die Unterabtheilungen verschwinden, tritt die Einheit des Ganzen in um so wundervollerer Klarheit hervor. Wir studiren die Erscheinungen von unten aufwärts, und sehen etwas mehr als ununterbrochene Reihen. Wir sehen, daß in Wirklichkeit kein Unten und kein Oben existirt. Das Mineralreich, das Reich der nichtlebenden Dinge schreitet in das der lebenden hinüber. Durch allmälige aufsteigende Stufen erhebt sich dieses zu den schönsten und erhabensten bekannten Pflanzen- und Thierformen. Durch ihren Tod jedoch kehren diese stets wieder zum Mineralreich zurück von woher sie ursprünglich gekommen. Wenn wir die volle Meinung dieser auf die Wissenschaft gegründeten Theorie erfassen, gewinnt alles Leben eine neue Bedeutung. Hauptsächlich unser eigenes Leben, als der höchste uns bekannte Ausdruck der Erscheinung von Stoff in Bewegung, wird erhabener und hoffnungsvoller. In ihm sind mehr als in einer anderen Form die Kräfte des Universums vereinigt. Die Erdanziehung, die Anziehung der

Felstheilchen unter einander, die Verbindung und Abstoßung chemischer Atome, die Kräfte elektrisirter und magnetisirter Körper, lange Ketten von Vererbungen, welche durch unmeßbare Zeiträume rückwärts reichen, Myriaden von Anpassungen, Kämpfen, Niederlagen, Tod und Leben, alle werden in unserem Körper repräsentirt. Wir sind mehr als alle anderen die Erben der Zeit. Während unsere unglücklicheren Brüder, die niederen Thiere, die Pflanzen, die Minerale, ihre Rolle in der Geschichte spielen, ohne sich jedoch der vollen Bedeutung derselben bewußt zu sein, lesen und verstehen wir die Zeichen der Vergangenheit und der Gegenwart. Wir wissen, was wir sind, doch wir können nicht wissen, was wir dereinst sein werden. Denn unser Geschlecht wird den jetzigen Zustand ebenso überschreiten, wie es die Zustände früherer Elternformen überschritten hat.

Diese Theorie der Evolution nun gelangt mehr und mehr in den Vordergrund und verlangt Anerkennung als alleiniges Prinzip.

Die Verkündiger dieser neuen Theorie sind die Natur und alle ihre Kinder; die Geschichte des Menschen, die gesammte Wissenschaft, jedes menschliche Leben. Und ihre Tempel sind die Universitäten, die Schulen, die Bildungsvereine für Jung und Alt, und die Herzen Aller, die nach Wahrheit suchen.

II.

Die Abstammung des Menschen.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

Bei der Besprechung der Bedeutung der Entwicklungs-Theorie, ihrer Schwierigkeiten, der Beweise, auf welchen sie beruht, und ihrer Geschichte wurde der Versuch gemacht, populär und deutlich einen Abriß der heutigen wissenschaftlichen Ansichten über den Ursprung der vielen Arten von Pflanzen und Thieren zu geben, welche in der Vergangenheit lebten oder jetzt noch leben.

Da das Größere das Kleinere in sich schließt, so umfaßt die Darwin'sche Hypothese über den Ursprung der Arten den besonderen Fall des Ursprungs des Menschen. Doch der Mensch hat erst seit kurzem gelernt, sich als unter dieselben Gesetze fallend zu betrachten, wie der übrige Theil der Natur. Es gab daher, sogar nachdem der erste Ausbruch der Unwissenheit gegen die von Darwin uns gelehrten Prinzipien sich theilweise gelegt, immer noch Viele, die zwar mit saurer Miene und einem gewissen Vorbehalt seine Prinzipien, soweit sie die Pflanzen und die niederen Thiere betrafen, annahmen, jedoch von einer Anwendbarkeit derselben auf den Ursprung des Menschengeschlechts nichts wissen wollten. Der Darwinismus war ganz gut, so weit es sich um die niederen Formen lebender Wesen handelte; aber sobald er auf den Menschen angewendet werden sollte, da erhob sich gewaltiger Widerspruch.

Der große Naturforscher war indessen in keiner Weise erschreckt über die Schlußfolgerungen, zu welchen seine Prin-

zipien führten, noch hegte er eine Schwäche für diese; und so wandte er das Prinzip der natürlichen Zuchtwahl und das der geschlechtlichen Zuchtwahl ungescheut auch auf den Menschen an. Wir haben von der geschlechtlichen Zuchtwahl gesprochen. Ihre Wirksamkeit läßt sich mit wenigen Worten auseinandersetzen. Im Thierreich sind die Männchen bestimmter Arten der Zahl nach den Weibchen überlegen. Die letzteren haben somit die Gelegenheit, sich gewisse begünstigte Männchen auszuwählen und weniger begünstigte auszuschließen. Es findet daher ein Kampf um den Besitz der Weibchen zwischen den Männchen statt. Der Schiedsrichter hierbei ist oft die rohe Gewalt. Sehr oft jedoch ist die Entscheidung der Weibchen durch andere Rücksichten bestimmt. Schönere Farbe, lieblicherer Gesang oder größere Geschicklichkeit z. B. mögen gewisse Männchen annehmbarer machen als andere weniger begabte und glückliche. Die geschlechtliche Auswahl von Männchen, welche mit Bezug auf Farbe, Gestalt, Stimmfähigkeit oder körperliche Stärke sich vor ihren Genossen auszeichnen, bewirkt, daß die auserlesenen Männchen sich fortpflanzen, und daß ihre Nachkommenschaft die Eigenschaften, vermöge welcher sie siegten, erben, mitunter in verstärktem Grad, und daß diese in den folgenden Generationen vielleicht zu ständigen Eigenschaften werden.

Ich habe nicht die Absicht, in den folgenden Kapiteln die Prinzipien der natürlichen und geschlechtlichen Zuchtwahl bis in's Einzelne auf den Menschen anzuwenden. Ihre Anwendung seitens Darwin's führte ihn zu der Schlußfolgerung, daß der Mensch von niederern Thieren abstammt. Meine Absicht geht nun dahin, einige der direkten und indirekten Beweise darzulegen, welche zu dieser Annahme führen.

Bei der Untersuchung dieser Beweise muß man stets

zweierlei im Gedächtniß behalten: 1. daß auf der anderen Seite überhaupt kein Beweis erbracht wird; 2. daß es sich hier um das Menschengeschlecht als Ganzes handelt, nicht nur um die höchstentwickelten Mitglieder desselben.

Während dieser ganzen Untersuchung haben wir nicht die höchsten und zivilisirtesten Rassen allein in Betracht zu ziehen, sondern auch und namentlich die niedrigsten und tiefstehendsten. Die ausschließliche Vergleichung der europäischen Völker mit den Anthropoiden oder Menschenaffen bringt natürlich gedankenlose Leute zu dem Schluß, der Mensch sei den niederen Thieren unendlich überlegen. Es ist jedoch Thatsache, daß, wenn wir alle Menschenrassen studiren, wir in keinem einzigen Punkt der Anatomie, der Physiologie oder der Psychologie den Menschen streng geschieden vom Thiere finden. Wenn wir alle Menschen zusammenfassen, von den hervorragendsten Männern und Frauen herunter bis zu den Wilden, zu den Idioten, und zu den Affenmenschen, die, die Kinder normaler menschlicher Eltern, nicht höher und in vielen Fällen sogar niedriger als Affen stehen, dann darf man wohl sagen, ohne einen Widerspruch befürchten zu müssen, daß in jedem Punkt des Baues und der Funktion eine größere Verschiedenheit zwischen Mensch und Mensch als zwischen Mensch und Affen besteht, d. h. die Verschiedenheit zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Menschen mit Bezug auf irgend einen anatomischen oder physiologischen Punkt ist größer, als die zwischen dem niedrigsten Menschen und dem höchsten Affen.

Den hierüber zu liefernden Beweis will ich in drei Abtheilungen geben: 1. Anatomische Thatsachen, oder solche, welche sich auf den Bau der Organe beziehen; 2. physiologische Thatsachen, oder solche, die sich mit den Funktionen (Verrichtungen) der Organe beschäftigen: 3) psychologische

Thatsachen (im weitesten Sinn genommen), oder solche, welche auf die Erscheinungen des Geisteslebens Bezug haben. Diese Eintheilung ist, wie alle anderen, eine künstliche, jedoch für uns nützlich. Besonders auffallend ist die künstliche Scheidung der Gehirnfunktionen von dem übrigen Theil der körperlichen Funktionen, und die gezogene Unterscheidung zwischen der Psychologie und dem übrigen Theil der Physiologie. Die Thatsachen, welche angeführt werden sollen, sind größtentheils aus Darwin's Werk „Abstammung des Menschen" entnommen; es wurden jedoch auch andere Gelehrte berücksichtigt. Besonders erwähne ich des Dr. W. L. Lindsay, dessen Werk über „Das Geistesleben der niederern Thiere" und dessen Abhandlungen über Krankheiten im Thierreich sehr viele nützliche Thatsachen enthalten.

Zweites Kapitel.

Anatomische Thatsachen.

Das Wort Anatomie wird abgeleitet vom griechischen *ἀνά* (ana) = auf, *τομή* (tome) = der Schnitt; Anatomie ist also so viel wie Zerschneidung, namentlich von Körpern. Diese Wissenschaft lehrt uns den Bau des Körpers kennen. Von den unzähligen Thatsachen, die in dieser Beziehung gegeben werden könnten und welche alle auf die Verwandtschaft des Menschen, nicht nur mit den ihm näher stehenden, sondern mit weit niedriger stehenden Thieren hinweisen, wollen wir nur einige wenige anführen, die sich auf folgende Gegenstände beziehen: Die Haarbedeckung des Körpers, das Skelett, die Zähne, das Blut, das Gehirn, das Ohr, das Auge, die Muskeln, die Stimme und die Zeugungsorgane. Bei der Betrachtung aller dieser Fälle müssen wir im Gedächtniß behalten, daß die Frage, die uns beschäftigt, die ist, ob der Mensch nach dem Ebenbild Gottes geschaffen oder ob er sich durch Abänderung, natürliche und geschlechtliche Zuchtwahl, aus einer niederen Thierform entwickelt hat.

1. Die Haarbedeckung. Ein gewöhnlicher Einwand in dieser Beziehung geht dahin, daß die Säugethiere, welche niedriger als der Mensch stehen, in der Regel eine starke Pelz- oder Haarbekleidung über ihren ganzen Körper besitzen, während der Mensch nur eine Haarbedeckung an gewissen Theilen des Körpers hat. Auf diesen Einwand giebt es viele Antworten.

a) Wir haben Haare nahezu am ganzen Körper. Es ist wahr, sie sind rudimentär, aber sie sind doch vorhanden. Halte Deine Hand empor, so daß das Licht über die Rückfläche derselben scheint, und Du wirst eine Menge kleiner Härchen sehen. Ueberall, mit Ausnahme der äußersten Fingergelenke, sind diese rudimentären Gebilde zu sehen. Dies wäre ganz bedeutungslos, wenn wir nach Gottes Ebenbild geschaffen; wenn wir jedoch annehmen, daß wir uns aus einer niederern Thierform entwickelt, so bedeuten diese Haare Rudimente der Haarbekleidung, welche den ganzen Körper unserer Vorfahren bedeckte. (Siehe „Die Entwicklungstheorie", S. 51.)

b) In vielen Fällen steht die Menge der Haare am Körper im Verhältniß zu der thierischen Natur des Individuums. Allerdings kann dies Verhältniß nicht als ausnahmslos gelten, da gewisse Stämme von Wilden ganz ohne Haare am Körper sind. Bei den meisten zivilisirten Völkern kann man jedoch als Regel betrachten, daß, je haariger die Haut, desto niedriger der Typus des Menschen. Ein großer, starker Erdarbeiter z. B., dessen Muskelsystem außerordentlich stark entwickelt ist, während seine geistigen Fähigkeiten nicht besonders ausgebildet sind, hat rauhhaarige Arme, Beine und Brust.

c) Die Physiologen berichten uns, daß der menschliche Embryo oder Fötus, die Frucht im Mutterleib, vor der Geburt mit einem weichen Flaum, lanugo genannt, bedeckt ist, der nach einiger Zeit jedoch verschwindet. Diese zeitweilige Bekleidung mit einer Art Wollhaar ist sehr leicht verständlich nach der Hypothese der Evolution des Menschen von einem mit Haaren bedeckten Thier.

d) Die Fälle von Affenmenschen oder Mikrocephalen.*)

*) Vom griech. μικρός (mikros) = klein und κεφαλή (kephale) = Kopf.

Diese sind, wie schon gesagt, Kinder von normalen menschlichen Eltern, welche in den Affentypus rückschlagen. Diese Mißgestalten, mit ihrer zurücktretenden Stirn, ihrer Unbehülflichkeit im Gehen, oder Unfähigkeit, aufrecht zu gehen, ihrer Gewohnheit, sich von einem Möbelstück zum andern zu schwingen, ihren affenähnlichen Grimassen, sind an ihren Körpern entweder vollständig oder doch zu einem großen Theil mit Haaren bedeckt.

2. Das Skelett. Wie das Exoskelett (die äußeren Schutzorgane) oder die Haarbedeckung des Menschen nicht wesentlich von dem seiner Verwandten verschieden ist, so unterscheidet sich sein Endoskelett (die inneren Schutz- und Tragorgane) in keinem wesentlichen Punkte von dem seiner Verwandten. (Vgl. Fig. 3, das Skelett des Menschen, mit Fig. 4, dem Skelett des Gorilla.) Jeder Knochen, jeder Vorsprung an denselben, jede Stelle zum Anheften von Muskeln, ist beim Menschen wie bei den Menschenaffen vorhanden. Es ist natürlich keine große Schwierigkeit, sogar für Nicht-Anatomen, das Skelett eines Europäers von dem eines Gorilla zu unterscheiden; aber die Verschiedenheit in kleinen Einzelheiten zwischen den beiden ist sicherlich nicht so groß, als die Verschiedenheit im Skelett eines Europäers und dem eines Eingeborenen der Andamanischen Inseln. Eine gelungene Geschichte mit Bezug auf den vorliegenden Gegenstand pflegte in der Universitätsstadt Cambridge unter den Studenten erzählt zu werden. Zwei Studirende, die das anatomische Museum daselbst besuchten, gelangten auch an die Skelette eines Menschen und eines Gorilla, die des Vergleichs wegen neben einander gestellt worden waren. Einer der Studenten war ein Anti-Darwinianer und ziemlich kurzsichtig. Kaum an den Skeletten angelangt, öffnete er die Schleusen seiner Beredtsamkeit über die Absurdität



Fig. 3. Skelett des Menschen.

und Ungehörigkeit, auch nur für einen Moment anzunehmen, daß dieser, der Mensch, von jenem, dem Gorilla, abstammen könne. Er erging sich nun für mehrere Minuten über die ungeheure Ueberlegenheit „dieses“ über „jenen“ und gelangte zu dem Schluß, daß Darwin entweder ein Narr oder ein Schurke sein müsse. Als er geendigt, machte sein Freund ihn darauf aufmerksam, daß durch Irrthum die beiden Etiquetten vertauscht worden, und daß das Skelett, welches er als so überlegen gepriesen, das des Gorilla sei.

Die Aehnlichkeit zwischen dem Skelett des Menschen und dem seiner Verwandten gründlich zu verstehen, ist nur einem Anatomen möglich; dem gewöhnlichen Leser würden den Einzelheiten hierüber uninteressant und unverständlich sein. Ich will

jedoch einige spezielle Thatsachen anführen, die Jedermann verstehen wird, und werde daher Fälle nehmen, wie den Schwanz, den Hyoidknochen oder das Zungenbein, und die Bronchial- oder Kiemenbogen.

a) Der Schwanz. Die Einwendung, welche in dieser Beziehung gemacht wurde, hat nahezu aufgehört; doch giebt es immerhin noch einige unwissende Leute, welche glauben, daß sie die Evolutionstheorie widerlegt haben, wenn sie fragen, wie es kommt, daß der Mensch keinen Schwanz hat. Hierzu müssen wir bemerken, daß die nächsten Verwandten des Menschen, die Menschenaffen, wie der Gorilla, der Schimpanse, der Orang-Utang, der Gibbon, ebenfalls kei-

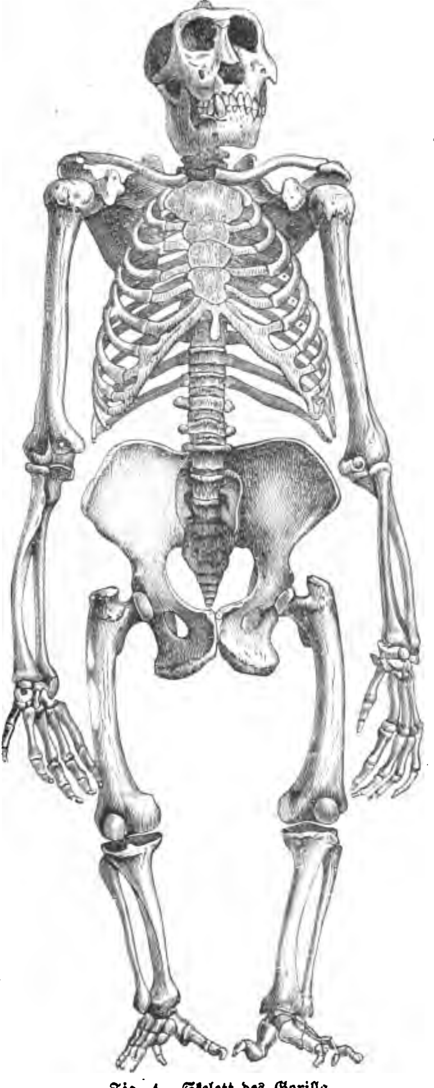


Fig. 4. Skelett des Gorilla.

nen Schwanz besitzen, oder richtiger gesagt, daß sie ein eben solches Anhängsel haben, wie der Mensch. Denn der Mensch hat einen Schwanz, obgleich er rudimentär ist. Am untern Ende der Wirbelsäule befindet sich das Steißbein. Dieser Fortsatz ist ein Ueberbleibsel des Schwanzes unserer mit einem solchen begabten Vorfahren. Es ist ein kleiner aus drei oder vier Wirbeln bestehender Knochen, der für uns von gar keinem anatomischen Werth ist; sein Werth ist ein genealogischer; er beweist uns, daß der gemeinsame Vorfahre des Menschen und der Menschenaffen ein geschwänztes Säugethier war.

b) Das Zungenbein. Dies ist ein Knochen, welcher sich im Halse jedes Menschen vorfindet und mit keinem andern Knochen in Berührung ist. Von anderen Knochen des Kopfes und der Brust gehen Muskeln nach ihm aus, und die Zunge ist an ihn angeheftet. Er hat einen soliden Zentralkörper mit zwei Paaren vorragender Hörner, einem größeren und einem kleineren Paar. Man kann das größere Paar nach beiden Seiten vorstehend in der Kehle fühlen, wenn man sie mit dem Zeigefinger und Daumen recht weit nach hinten anfaßt, so daß die zwei Fingerspitzen gerade unter den zwei Winkeln der unteren Kinnlade sich befinden. Daß die Finger den Zungenträger drücken, kann empfunden werden, sobald die Zunge bewegt wird; die knochigen Punkte werden dem Druck ausweichen und wegschlüpfen. Dieser kleine Knochen ist das Ueberbleibsel des Kiementrägers der Fische. Hier haben wir einen der Fälle, in welchen der Knochenbau des Menschen uns Millionen von Jahren zurückführt und uns an eine Abstammung von Thieren erinnert, die jetzt zu entfernt und zu niedrig erscheinen, um noch als Glieder der Familie betrachtet zu werden, zu der wir einst gehörten. Die Kiemen des Fisches werden getragen von einer Reihe knochiger Bogen, Bronchial-Bogen genannt, die in Paaren

vorhanden sind. Kein vergleichender Anatom ist im Zweifel darüber, daß das Zungenbein im Menschen mit seinen zwei Paar Hörnern homolog zweien dieser Bronchialbogen des Fisches ist. Dies führt mich sogleich zu meinem dritten Punkt:

c) Die Bronchial= oder Kiemenbogen. Zur Beleuchtung dieses Punktes müssen wir zurückgehen zu der Anfangszeit des Lebens des menschlichen Embryo, zu der Zeit vor der Geburt. Frühzeitig in der Lebensgeschichte desselben, im mütterlichen Organismus, ist die Halsgegend des Körpers ganz geschlossen, wie es auch beim Erwachsenen der Fall ist, dessen Hals natürlich keine Oeffnungen oder Lücken aufzeigt. Aber zu einer gewissen Periode im Embryoleben zeigt diese Gegend des Körpers auf jeder Seite gewisse Verdickungen und Erhebungen. Diese werden mehr und mehr ausgeprägt und die Zwischenräume zwischen ihnen vertiefen sich allmälig. Zuletzt werden diese Verdickungen Bogen und die Lücken zwischen ihnen bilden Spalten. Die Bogen werden Bronchial= oder Kiemenbogen genannt. Die Spalten zwischen ihnen führen in das Innere des Embryokörpers und werden Bronchial= oder Kiemenspalten genannt. In diesem Entwicklungsstadium ist der menschliche Embryo, soweit der erwähnte Theil des Körpers in Betracht kommt, im Bau mit dem des Fisches übereinstimmend. Diese sog. Kiemenbogen im Menschen sind die gleichen, welche im Fisch die Kiemen tragen. Drei derselben entwickeln sich zu Theilen des Skeletts des erwachsenen Menschen. So bildet der erste Bogen auf jeder Seite die Hälfte des Unterkiefers, und das Ende desselben, mehr nach dem Schädel zu, bildet einen der Knochen des inneren Ohrs. Der zweite und dritte Bogen bilden die Hörner und den soliden Körper des Zungenbeins; die übrigen verschwinden als Kiemenbogen. Die Lücken, durch welche

beim Fisch das für Athmungszwecke in's Maul genommene Wasser entweicht, sind beim Menschen zu einer verhältnißmäßig frühen Zeit schon geschlossen. Es ist unmöglich, sich der Schlußfolgerung zu entziehen, daß diese bemerkenswerthe Reihe von Bogen und Spalten in einem vorübergehenden Stadium des menschlichen Embryo einem länger dauernden Zustand in einem fischähnlichen Vorfahren des Menschen entspricht.

3. Die Zähne. Die ganze Geschichte der Zähne der Primates (der Säugethierordnung, zu welcher der Mensch, die Affen und Halbaffen gehören), ist ein Beweis zu Gunsten der Abstammung des Menschen von einer niedrigeren Form. Wir brauchen nur einen Fall, den der Weisheitszähne anzuführen. Diese sind die vier letzten Zähne, sowohl nach ihrer Stellung wie der Zeit ihres Erscheinens. Sie stehen am hinteren Ende zu jeder Seite der oberen und unteren Kinnlade, und erscheinen zwischen dem 17. und 25. Jahre, mitunter auch gar nicht. Da sie verhältnißmäßig spät im Leben erscheinen, holen sie das Versäumte nach und verschwinden frühzeitig. Sie sind wirklich nutzlos, da sie zu weit hinten im Munde placirt sind, und werden in gewissen Fällen sehr bald verloren. Bei vielen Leuten erscheinen nicht einmal alle vier, sondern nur drei oder zwei. So hat der Verfasser dieses nur einen Weisheitszahn ganz, einen anderen nur halb, und versicherten ihm befreundete Zahnärzte, daß es gar nicht ungewöhnlich sei, wenn keiner dieser Zähne zum Vorschein komme. Was ist nun die Bedeutung dieser Weisheitszähne? Betrachten wir die Kinnladen des Menschen und der ihm nächstverwandten Vierhänder, so finden wir die Lösung dieser Frage. Der Unterkiefer des Menschen bildet einen nahezu rechten Winkel, d. h. der aufsteigende hintere Theil ist nahezu senkrecht, und der vordere Theil

läuft nahezu horizontal. Im Unterkiefer des Affen dagegen bildet dieser Winkel einen stumpfen Winkel, d. h. der aufsteigende Theil verschiebt sich etwas nach rückwärts. In einem solchen schiefwinkligen unteren Kiefer besteht für die Weisheitszähne die Möglichkeit, an der Zermalmung der Nahrung theilzunehmen. Da jedoch mit der fortschreitenden Entwicklung sich die Gestalt der Kinnladen veränderte und der schiefe Winkel ein rechter Winkel wurde, wurden die Weisheitszähne aufeinander gedrängt und verloren dadurch immer mehr und mehr die Möglichkeit, an der Zermalmung der Nahrung theilzunehmen; infolge des Nichtgebrauchs verschwinden sie nun nach und nach. Nach der Annahme einer „Schöpfung" ist ihr Vorhandensein ganz unverständlich, da sie zwecklos sind. Nach der Entwicklungstheorie sind sie Organe, die unseren Vorfahren von Nutzen gewesen sind und die gerade durch ihr allmäliges Verschwinden für die wissenschaftliche Ansicht sprechen.

4. Das Blut. Anatomisch ist das Blut des Menschen nicht verschieden von dem der höheren Säugethiere. Jedermann erinnert sich wohl der gebräuchlichen Antworten der Aerzte in Gerichtshöfen, wenn Mordfälle verhandelt werden. „Sind diese Flecken solche von Blut?" — „Ja." — „Von dem Blut eines Säugethiers?" — „Ja." — „Von dem Blut eines Menschen?" — „Das kann ich nicht sagen." — Wenige Thatsachen sind wichtigere Beweise der Gemeinschaftlichkeit unseres Ursprungs mit dem der „niederen Thiere" als diese Unmöglichkeit der Unterscheidung zwischen unserem Blute und dem ihren. Wenn wir jenes auch anatomisch, mikroskopisch, chemisch oder physiologisch untersuchen, wir können nicht mehr sagen, als daß das untersuchte Blut von einem Säugethiere herkomme, welches verschieden von dem Moschusthier oder ein bis zwei anderen bestimmten Thier-

arten ist, deren eigenartige Blutkörperchen sie sofort verrathen. Der Mörder, welcher sagte, daß die Flecken an seinen Kleidern von dem Blute eines Vogels oder Reptils herstammten, würde sich selbst verrathen. Denn die Blutkörperchen dieser Thiere sind von denen des Menschen sehr verschieden. Wenn er jedoch sagt, daß sie von dem Blute eines Hundes, Kaninchens oder irgend eines andern gewöhnlichen Säugethieres herrühren, kann er, soweit die gerichtliche Medizin in's Spiel kommt, sicher sein, denn keine noch so genaue mikroskopische Untersuchung enthüllt uns eine merkliche Verschiedenheit zwischen unserm Blute und dem der großen Mehrzahl der Säugethiere.

5. Das Gehirn. Dies ist das Organ, um welches der Kampf der Unwissenheit und des Vorurtheils gegen die Wissenschaft am meisten gewüthet hat. Leute, die zugeben, daß andere Organe im Menschen ähnlich mit den entsprechenden Organen in der übrigen Thierwelt sein mögen, behaupten doch, daß das Organ der Vernunft und Einbildungskraft, der Dichtkunst eines Shakespeare, und der Gabe der Verallgemeinerung eines Newton, im Menschen unendlich überlegen und weit verschieden von dem gleichnamigen Organ der Thiere sein müsse. Derselbe Irrthum, der begangen wird, wenn man den Menschen im Allgemeinen mit anderen Thieren vergleicht, wiederholt sich im verstärkten Maße, wenn der Vergleich zwischen dem menschlichen Gehirn und dem anderer Thiere gemacht wird. So geht die landläufige Ansicht dahin, daß das Gehirn des Menschen, mit Bezug auf den Bau, Größe und Gewicht, durch eine unüberbrückbare Kluft von dem der unter ihm stehenden Thiere getrennt sei. Diese Ansicht ist indessen falsch. Wir müssen jedoch mit Bedauern gestehen, daß diese falsche Ansicht ihren Ursprung und ihre Nahrung nicht nur der Geistlichkeit, denn von

dieser kann man nichts anderes erwarten, sondern auch wissenschaftlichen Männern verdankt. Wieder und immer wieder wird in Werken, die Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben, behauptet, es existire eine Kluft zwischen unserem Gehirn und dem der anderen Säugethiere. Es ist daher nöthig, daß ich meine Gewährsmänner angebe für den direkten Widerspruch, den ich gegen diese Behauptung erheben muß.

a) Der Bau des Gehirns. Es giebt nicht eine einzige Windung oder Furche im Gehirn des Menschen, die ihm eigenthümlich wäre. Sogar die Windung, an welcher Gratiolet als einem Unterscheidungsmittel festhielt, die supramarginale Windung ist im Orang-Utang gefunden worden und hat manchem Menschen gefehlt. Ueber diesen Punkt siehe H. C. Bastian (nicht zu verwechseln mit dem Berliner Professor Adolf Bastian): „Das Gehirn als Organ des Geistes."

b) Die Größe des Gehirns. Das menschliche Gehirn kann eine Ausdehnung von 1900 Kubikcentimetern erreichen; im Durchschnitt aber nimmt es bei erwachsenen Europäern blos 1200 Kubikcentimeter ein. Der Kubikinhalt der Gehirne der höchsten menschenähnlichen Affen kann auf 600 Kubikcentimeter veranschlagt werden. Die Differenz zwischen dem Inhalt des größten und des durchschnittlichen Menschengehirns beträgt also 1900 — 1200 = 700 Kubikcentimeter. Die Differenz zwischen dem mittleren Menschengehirn und dem Gehirn der Menschenaffen beträgt dagegen nur 1200 — 600 = 600 Kubikcentimeter, ist also geringer als die Differenz zwischen Menschengehirnen selbst. Betrachten wir jedoch ferner noch die Gehirngröße einiger der Affenmenschen (Mikrocephalen), so finden wir, daß diese noch geringer ist als die der gewöhnlichen Menschenaffen (Anthropoiden). So sind uns wenigstens zehn Fälle von, von menschlichen Eltern

abstammenden Wesen bekannt, in denen die Gehirnausdehnung weniger als bei den Menschenaffen betrug.

	Name.	Alter.	Gehirninhalt.
1.	Gottfried Mähre	44 Jahre	555 Kcm.
2.	Michel Sohn	20 „	370 „
3.	Friedrich Sohn	18 „	460 „
4.	Conrad Schuttelndreyer	31 „	370 „
5.	Mikrocephale von Jena	26 „	350 „
6.	Ludwig Racke	20 „	622 „
7.	Margarethe Mähler	33 „	296 „
8.	Jean Mögle	15 „	395 „
9.	Jacques Mögle	10 „	272 „
10.	Jean Georges Mögle	5 „	480 „

c) Gehirngewicht. Dieses ist in einer Beziehung ein besserer Beweis als die Größe des Gehirns, gerade wie der Inhalt eines Buches, eines Vortrages oder eines Lebens wichtiger ist als die Länge des Buches, des Vortrags oder des Lebens. Wir können das durchschnittliche Gehirngewicht eines Europäers zu 1½ kg annehmen, das eines Menschenaffen zu ½ kg. Augenscheinlich ist hier ein großer Unterschied zwischen 1½ kg und ½ kg, wir finden jedoch jede Abstufung zwischen diesen beiden beim Menschen repräsentirt. Ich will hier nur einige Fälle anführen, in denen das Gehirngewicht geringer als bei den Menschenaffen ist. Professor Owen berichtet über einen 22jährigen Mikrocephalen, dessen Gehirngewicht nur 408 Gramm betrug; Professor Theile über einen 26jährigen mit einem Gehirngewicht von 329 Gramm; Professor Marschall über einen 12jährigen mit einem Gehirngewicht von 264 Gramm. Mit Bezug auf den letzten Fall müssen wir jedoch in Berücksichtigung ziehen, daß das Gehirngewicht eines 12jährigen Kindes nur 6/7 des eines Erwachsenen beträgt. So würde das durchschnitt-

liche Gehirngewicht eines 12jährigen europäischen Kindes = 1 kg 305 gr betragen. Wir finden also hier ebenfalls, daß der Unterschied des Gehirngewichts zwischen Mensch und Mensch größer ist, als der zwischen dem Menschen und den Menschenaffen. Im ersten Fall 1523 Gramm und 264 Gramm, im letzteren 1523 Gramm und 466 Gramm. Ueber die Richtigkeit der angeführten Zahlen verweise ich auf Bastian: „Das Gehirn als Organ des Geistes".

6. Das Ohr. Das Ohr ist eines der veränderlichsten Organe des menschlichen Körpers. Dies ist besonders hervorgehoben von Professor Häckel in seinem Vortrage über „Ursprung und Entwicklung der Sinneswerkzeuge" und wird von Jedem bestätigt werden, der die Ohren einer großen Zahl von Personen, z. B. im Theater oder einer Versammlung, aufmerksam beobachtet. Sie variiren nicht nur in der Länge, sondern auch in jeder Einzelheit der Gestalt. Dies ist hauptsächlich der Thatsache zuzuschreiben, daß der Gehörsinn des Menschen einer Evolution unterworfen ist. Vielleicht keine andere Funktion unseres Körpers ist gegenwärtig so sehr der Fortentwicklung unterworfen, als das Gehör. Die verschiedenen Musikschulen sind nur ein Beweis für die wachsende Ausdehnung unserer Hörfähigkeit.

Ein besonderer Punkt ist namentlich von Interesse für uns. Am äußeren Rande unseres Ohres ist ein kleiner Vorsprung, der bei verschiedenen Menschen von verschiedener Größe ist. Er befindet sich in der oberen Hälfte am Innenrand der äußeren Falte, welche sich vom oberen Theile des Ohres bis an's Ohrläppchen zieht. Es ist dies ohne Zweifel ein Ueberbleibsel des gespitzten Ohres der niederen Thiere. In der Ordnung der Primaten finden wir unter ihren verschiedenen Arten und Individuen jede Abstufung zwischen dem scharf gespitzten Ohr einiger der niederen Affen und dem Ohr des Menschen.

7. Das Auge. Von den verschiedenen Theilen dieses komplizirten Organs können wir, wie beim Ohr, des knappen Raumes wegen, nur auf einen die Aufmerksamkeit lenken. In dem inneren Winkel unseres Auges befindet sich eine kleine rothe Falte, welche nicht ganz passend mit dem Namen caruncula lacrimalis (Thränenkarunkel, auch halbmondförmige Falte genannt) bezeichnet wird. Caruncula bedeutet ein fleischiges Läppchen, wie wir ein solches z. B. am Kopfe des Hahnes vorfinden; das Eigenschaftswort lacrimalis ist hinzugefügt, weil durch zwei kleine Oeffnungen in dieser Falte die Thränen (lacrimae), die sich in einer Vertiefung, dem Thränensee, aufsammeln, von da in die Nasenhöhle abgeleitet werden. Erfolgt durch einen Reiz eine zu starke Thränenabsonderung, dann sind die zwei kleinen Oeffnungen zur Drainirung des Auges nicht ausreichend, der Thränensee geht über und der Mensch weint. Diese in Rede stehende Falte ist für uns physiologisch von nicht so großem Interesse, als genealogisch Sie ist das Rudiment des dritten Augenlides, welches bei den Vögeln und anderen Wirbelthieren gut entwickelt ist. Wenn man die Augen eines Vogels sorgfältig beobachtet, wird man ein Quer- oder Seitwärtszwinkern derselben wahrnehmen; dies ist dem Herüberziehen der Nickhaut geschuldet, welche quer über das Auge gezogen wird, und das dritte Augenlid ist. Auch hier finden wir wieder eine vollständige Reihe von Abstufungen, von dem vollkommenen Augenlid der Eule z. B. bis zu der rudimentären halbmondförmigen Falte des Menschen.

8. Muskeln. Nicht einer der mehr als 200 Muskeln unseres Körpers ist diesem allein eigenthümlich. Jeden einzelnen von ihnen finden wir wieder bei den Menschenaffen, und jeder einzelne ist hier mit denselben Knochen verbunden, sogar mit denselben Theilen der Knochen, läuft in derselben

Richtung und hat genau dieselbe Funktion wie bei den Menschen. Man glaubte zwar bis vor kurzer Zeit, daß einige wenige dieser Muskeln beim Menschen vorhanden seien, jedoch nicht bei seinen Verwandten, oder daß sie bei den Menschenaffen vorhanden und nicht beim Menschen. Im Allgemeinen sind Gründe für diese Annahme vorhanden, jedoch bilden gewisse Fälle Ausnahmen, sowohl bei Menschen wie bei Affen. So finden wir vier Muskeln bei den Menschenaffen, die gewöhnlich bei den Menschen nicht vorhanden sind; sie sind jedoch als Varietäten im menschlichen Körper gefunden worden. Zwei Muskeln sind gewöhnlich im menschlichen Körper vorhanden, die den Menschenaffen fehlen; doch von diesen beiden ist der eine manchmal, der andere häufig selbst nicht im Menschen gefunden worden. Das Interessante hierbei ist, daß diese sechs variablen Muskeln zugleich beim Menschen und Affen variabel sind.

Die Betrachtung einiger speziellen Muskeln wird für uns von Nutzen sein. Wir wollen zuerst die des Ohres nehmen. An jedem Ohr haben wir drei sehr rudimentäre Muskeln; sie sind so rudimentär, daß nur ein sehr geübter Anatom sie bloßlegen kann. Der eine liegt über, einer vor und der dritte hinter dem Ohr. Der über dem Ohr liegende Muskel erhebt dies, sobald er sich zusammenzieht, und wird daher der Heber genannt. (Auf Figur 5, Kopfmuskeln eines Europäers, ist der Heber mit 19 bezeichnet. Auf Fig. 6, Kopfmuskeln des Gorilla, mit 19.) Der vor dem Ohr liegende Muskel zieht bei seinem Zusammenziehen das Ohr vorwärts; er wird Anzieher genannt (Fig. 5, 16, Fig. 6, 18). Der hinter dem Ohr liegende Muskel zieht bei seinem Zusammenziehen das Ohr rückwärts und wird daher der Rückwärtszieher genannt. [Fig. 5, 20, Fig. 6, 20. Die Verkümmerung des Muskels beim Europäer gegenüber dem Gorilla tritt hier besonders

stark zu Tage.]*) Bei uns sind diese Muskeln nicht nur sehr rudimentär, sondern fast ganz funktionslos. Den meisten Menschen ist es unmöglich, diese Muskeln in Thätigkeit zu versetzen, und in den seltenen Fällen, wo eine Bewegung des Ohres durch diese Muskeln stattfindet, ist sie meist unwillkürlich und nicht mit Bewußtsein hervorgebracht. Der Schreiber dieses hat viel Zeit und Mühe darauf verwandt, die Fähigkeit der Ohrbewegung nach seinem Willen zu erlangen, jedoch ohne Erfolg.



Fig. 5. Kopfmuskeln eines Europäers.

Bei niederen Thieren als der Mensch sind diese Ohrmuskeln sehr gut entwickelt und sehr großer Bewegung fähig; auch bei den nicht-menschlichen Primaten sind sie sehr beweglich. Es ist wenig Zweifel vorhanden, daß bei dem Affen-Vorfahren des Menschen, einem Thier, das auf Bäumen in Wäldern lebte, in denen reißende Thiere hausten, die Ohren sehr leicht beweglich sein mußten. Die Sicherheit desselben mußte größtentheils auf der Fähigkeit beruhen,

*) Die vorliegenden beiden Zeichnungen bieten zu höchst interessanten Vergleichungen Veranlassung. Nur auf zwei Punkte sei hier hingewiesen: Die Schließmuskeln des Mundes (9 und 9') sind beim Gorilla viel stärker entwickelt, als beim Menschen. Der Lachmuskel (10) findet sich nicht blos beim Menschen, sondern auch beim Gorilla. Beim Schimpansen wird er nur selten und wenig ausgebildet, beim Orang-Utang und Gibbon gar nicht gefunden.

das geringste Geräusch wahrzunehmen, wenn Gefahr drohte. Aber Tausende von Jahren beständiger Evolution haben alles dieses geändert und die Muskeln der Ohren in einen so rudimentären Zustand heruntergebracht, daß nur in sehr wenigen Fällen noch eine Spur dieser einst so ausgeprägten und für ihren Besitzer so werthvollen Fähigkeit vorhanden ist. Die Anwesenheit dieser Muskeln wie aller rudimentären Organe ist vollständig unerklärbar nach der Annahme einer Schöpfung der Arten; nach der Theorie der Entwicklung durch Abänderungen müssen wir dagegen die Anwesenheit dieser Muskeln, wenn auch in rudimentärem Zustande, von vornherein erwarten.

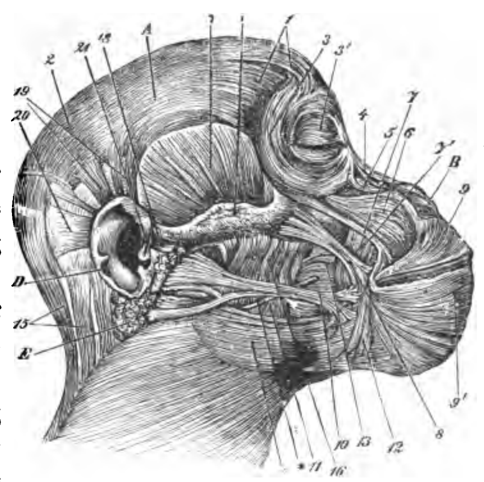


Fig. 6. Kopfmuskeln eines Gorilla.

Wir wollen nun einen anderen Fall nehmen. Bei den niederen Säugethieren finden wir bei vielen Arten dicht unter der Haut einen sehr ausgedehnten Muskel. Er läuft die ganze Haut entlang und bewegt durch seine Zusammenziehung dies Organ. Der technische Name dieses Muskels ist panniculus carnosus (von pannus = Lappen, Kleid, iculus eine Verkleinerung, carnosus = fleischig). Dies ist der Muskel, welchen Pferde und andere Hufthiere anwenden, um Insekten und Fliegen, die außer dem Bereich des Schwanzes

sind, zu verjagen, indem sie ihre Haut erzittern machen. Ueberbleibsel dieses Muskels finden sich auch im Menschen. So sind die eben angeführten drei Muskeln des Ohres Theile dieses panniculus carnosus, die sich erhalten, nachdem dieser Muskel selbst nach und nach im Allgemeinen verschwunden. Wir können jedoch noch andere Theile desselben nachweisen. So ist der Muskel, der die Kopfhaut bei einigen hierzu befähigten Personen nach der Stirn zu bewegt, nichts als ein erhaltener Theil des früheren panniculus carnosus. Ebenso besitzen wir auch im Hals noch ein Ueberbleibsel dieses Muskels; es liegt dicht unter der Haut und bildet ein breites, dünnes Muskel-Gewebe. Es ist am Schlüsselbein befestigt und erstreckt sich über den ganzen Hals hinauf bis zum Unterkiefer und ist ebenfalls nutzlos für uns. Alle die angeführten Muskeln, obschon funktionslos, haben dennoch ein großes Interesse für uns, indem sie uns an unsere thierische Abstammung erinnern.

9. Das Stimmorgan. Da so viel Nachdruck auf die ganz ungenaue Behauptung gelegt wird, daß nur der Mensch allein die Fähigkeit artikulirter Sprache besitzt, mag angeführt werden, daß der Bau des Kehlkopfes oder Stimmapparats im Menschen und den Menschenaffen übereinstimmend ist. Wir finden bei beiden dieselben Knorpel, große und kleine; dieselben Falten und Bänder; denselben komplizirten Muskelapparat, welcher durch Aneinanderbewegung der Knorpel die Stimmbänder straff oder schlaff macht, sie eng zusammenpreßt oder weiter auseinanderhält, und auf diese Weise die verschiedenen Töne hervorbringt. Im nächsten Kapitel werden wir etwas eingehender die Physiologie der Stimme beim Menschen und anderen Thieren behandeln. In diesem Kapitel über anatomische Thatsachen können wir nur wiederholen, daß in allen Einzelheiten des Baues der

Kehlkopf des Menschen und der Kehlkopf der Menschenaffen gleich sind.

10. Die Fortpflanzungsorgane. Von diesen gilt dasselbe, was von den Stimmorganen eben konstatirt worden. Nicht nur im allgemeinen Plan, sondern bis in die kleinsten Einzelheiten sind diese Organe, deren Funktion die Erhaltung der Art ist, die gleichen beim Menschen wie bei den Menschenaffen.

Ich kann dieses Kapitel nicht schließen, ohne nochmals den Leser daran zu erinnern, daß nur ein kleines Bruchtheilchen der ungeheuren Masse uns vorliegender Thatsachen hier geboten worden ist. Ihre Zahl ist Legion; doch wenn auch ihre Zahl über die Möglichkeit des Zählens hinausgeht, ihr Wesen ist nur eines. Nicht eine dieser anatomischen Thatsachen spricht gegen die Hypothese der Entwicklung des Menschen von niederen Formen; jede derselben steht mit ihr in Einklang.

Drittes Kapitel.

Physiologie.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Funktionen des Menschen und anderer Thiere. Diese Untersuchung wird uns die Gemeinsamkeit Beider aufs Neue weiter bestätigen.

Ich will mit einer Behauptung beginnen, welche kühn klingen mag, aber ebenso unbestreitbar wie vielsagend ist. Nicht eine der Funktionen des menschlichen Körpers wird vom Menschen anders ausgeübt als von anderen Gliedern des Thierreichs. Vom ersten Lebensmoment, durch alle Stadien der Entwicklung bis zum ausgewachsenen Zustand und in jeder Einzelheit desselben sind die höheren Primaten, vom Gibbon bis zum Menschen, in ihrer allgemeinen wie speziellen Physiologie gleich.

Mit einem Theile dieses Gegenstandes, nämlich der Physiologie des Nervensystems, werden wir uns im nächsten Kapitel eingehender beschäftigen. In diesem Kapitel ist meine Aufgabe ähnlich der des vorhergehenden. Aus den vielen Tausenden von Thatsachen, welche alle auf die Identität der physiologischen Natur des Menschen mit der der Menschenaffen hinweisen, will ich nur einige wenige auswählen, die klar und jedem Leser leicht verständlich sein werden. Die Thatsachen die ich geben werde, sollen unter folgende Abtheilungen gruppirt werden: geschlechtliche Eigenthümlichkeiten, Schmarotzer, Wunden, Krankheiten, Arzneien, Perioden, Entwicklung. Man sieht, daß ich die verschiedenartigen Funk-

tionen nicht in der Ordnung vorbringe, in der sie in gewöhnlichen Büchern über Physiologie aufgeführt sind. Die Uebereinstimmung des Verdauungsprozesses, der Aufsaugung der Nahrung im Darm, der Zirkulation des Blutes, der Athmung, der Ausscheidung u. s. w. bei allen Primaten, so bemerkenswerth sie auch ist, soll uns hier nicht weiter beschäftigen. Daß Affen, Menschenaffen und Menschen in genau derselben Weise Nahrung aufnehmen, die verdaute Nahrung in das Blut eingehen, dieses zirkuliren lassen, es durch Athmung und die Ausscheidungen verschiedener Organe reinigen, ist eine bekannte Thatsache. Wir wollen uns daher zu anderen Thatsachen wenden, die nicht so allgemein bekannt und dennoch ebenso bedeutungsvoll sind.

1. Die geschlechtlichen Eigenthümlichkeiten. Zwei Punkte nehmen unsere Aufmerksamkeit hier in Anspruch. Im vorigen Kapitel hatten wir angeführt, daß der Bau der Organe, deren Funktion die Fortpflanzung der Individuen und die Erhaltung der Art ist, derselbe bei dem Menschen wie bei seinen Verwandten sei. Wir müssen jetzt darauf hinweisen, daß überdies die Verschiedenheiten des Baues der erwähnten Organe, welche zwischen Mann und Weib beim Menschen obwalten, entsprechend oder, besser gesagt, übereinstimmend sind mit den Verschiedenheiten zwischen den Männchen und Weibchen der Anthropoiden.

Zu regelmäßig wiederkehrenden Mondperioden ist das Weibchen der Anthropoiden denselben physiologischen Erscheinungen unterworfen wie das menschliche Weib. Alle diesbezüglichen Symptome und begleitenden Erscheinungen sind, mit geringen Abweichungen in Einzelnheiten, im Wesentlichen derselben Natur.

Ferner, der gesammte Fortpflanzungsprozeß in allen seinen Einzelnheiten ist in keinem wesentlichen Punkte ver-

schieden beim Menschen und seinen nächsten Verwandten, den Anthropoiden. Jeder Akt des Liebeslebens, vom Beginn der Liebeswerbung bis zum Aufhören der Säugung der Jungen ist in allen Details wie bei den niedrig stehenden Menschenrassen, so bei den Menschenaffen beobachtet worden.

2. Parasiten (Schmarotzer). Die meisten Thiere werden von anderen Thieren bewohnt. Die Körper der meisten Glieder des Thierreichs sind sowohl im Innern wie auf der äußeren Haut die fröhlichen Jagdgründe für eine oder mehrere Thierarten. Man hat gefunden, daß der Mensch keineswegs ein Monopol auf Parasiten hat. Nicht eins der Thierchen, das im Stande ist, auf oder in ihm zu leben, ist ihm eigenthümlich; jedes derselben wird auch auf oder in anderen Thieren gefunden. Und diese parasitischen Thierchen sind nicht nur von derselben Klasse oder Ordnung, sondern auch von derselben Gattung und in vielen Fällen sogar von derselben Art. So ist die Hautkrankheit, die unter dem Namen Krätze bekannt ist, einem kleinen Thierchen geschuldet, einem Mitglied derselben Klasse, der Arachniden oder Spinnenthiere, zu der die Spinnen und der Skorpion gehören. Der Gattungsname dieses Thierchens ist acarus, sein Art-Name scabiei (Genitiv des lateinischen scabies, die Krätze), und genau derselbe Name gebührt und wird dem Thierchen gegeben, welches die Krätze bei den Menschenaffen verursacht, denn es ist identisch mit dem, welches den Menschen heimsucht. Die Gemeinsamkeit ist keineswegs auf die zum Thierreich gehörigen Parasiten beschränkt. Viele der Organismen, welche dem Menschen anhängen, sind pflanzlicher Natur, d. h. wenn wir den pflanzlichen Charakter der Gruppe Pilze anerkennen. Diese Gruppe umfaßt unter anderen den Schimmel, der sich auf altem Leder und Brod bildet, die Bauchpilze, zu denen die Trüffel gehört, und die verschiedenen

Schwämme. Ihre Nahrung besteht in der Regel aus organischen, in Zersetzung begriffenen, faulenden Stoffen. Einige von ihnen finden ihre Nahrung auf anderen lebenden Organismen und wohnen daher in oder auf ihnen. So sind einige Hautkrankheiten von Thieren dem Wachsen solcher Pilze innerhalb der Gewebe der Haut geschuldet. Der Kahlgrind, ein Ausschlag, welcher die Kopfhaut angreift, ist dem Wachsthum eines gewissen Pilzes in der Haut geschuldet. Diese Krankheit ist bekanntlich sehr leicht von einem Menschen auf den anderen übertragbar. Aber sie ist mit gleicher Leichtigkeit vom Menschen auf die Anthropoiden übertragbar. Dieser Pilz findet also einen ebenso günstigen Platz für sein Wachsthum und seine Entwicklung auf der Kopfhaut des Menschen wie auf der seiner Verwandten.

Als ein Beispiel der allgemeinen Uebereinstimmung der thierischen Natur und wie weit hinab in das Thierreich unsere Verwandtschaft reicht, mag der folgende wohlverbürgte Fall dienen. Eine Anzahl Mäuse in einem Hause waren mit einer Krankheit, Favus oder Erbgrind genannt, behaftet gesehen worden; es ist dies eine Hautkrankheit, als deren Wirkung gelbe Borken auf der Haut erscheinen. Eine Katze, die mehrere dieser so behafteten Mäuse gefressen, wurde von derselben Krankheit heimgesucht. In diesem Falle können wir annehmen, daß die Uebertragung von den Mäusen auf die Katze von innen vor sich ging. Etwas später jedoch erschienen auch auf der Haut der Kinder der Familie, die mit der Katze zu spielen pflegten, ebensolche gelbe Borken, und in diesem Falle muß die Uebertragung von dem Aeußeren des Thierkörpers auf das Aeußere, die Haut der Kinder, stattgefunden haben.

Diese Thatsachen und unzählbare andere derselben Art legen Zeugniß ab von einer bemerkenswerthen Uebereins-

stimmung des Wesens der äußeren Haut und des Innern des Menschen und der niederen Thiere. Dergleichen Parasiten könnten nicht auf verschiedenen Thieren weilen und so leicht von einem auf das andere übertragen werden, wenn nicht so vieles gemeinsam oder wirklich identisch in der Natur dieser Thiere wäre.

3. Wunden. Die Frage der Neubildung zerstörter oder der Wiedererlangung weggenommener Gewebe, aus denen sich die Organe des Körpers aufbauen, ist von großem Interesse in dieser Vergleichung des Menschen mit niedereren Formen. Je niedriger das Thier und je niederer daher das Gewebe, desto größer ist die Fähigkeit der Wiederherstellung desselben. So kann die Beschädigung eines Thieres, welches nicht zu den höher entwickelten Klassen des Thierreichs gehört, sogar wenn sie eine sehr bedeutende, durch die Wiederherstellungskraft des Thieres völlig wieder ausgeglichen werden. Bei einem höher entwickelten Thier führt indessen die Entfernung eines wichtigen Theils nicht so leicht zu dessen Neubildung. In gleicher Weise kann selbst beim Menschen die Zerstörung einer niederen Art von Geweben, wie z. B. von Bindegeweben oder knorpeligen Geweben, wieder gut gemacht werden. Wenn das zerstörte Gewebe jedoch ein komplizirtes und außerordentlich thätiges war, wie z. B. das der Muskeln oder Nerven, so ist die Wahrscheinlichkeit seiner Wiederbildung nur eine geringe.

Wir haben hier also eine enge Verbindung zwischen der Niedrigkeit und Einfachheit des Organismus oder des beschädigten Theils und seiner Wiederherstellungskraft. Einige Beispiele, von den niederen Gliedern des Thierreichs genommen, (das Wort „niederen" ist hier immer im Sinn von „einfacher" zu verstehen) mögen uns dazu dienen, diese allgemeine Behauptung klarer zu machen.

In dem großen Unterreich der Gliederthiere haben alle Angehörige diese Wiederherstellungsfähigkeit in größerem oder geringerem Grade. Sogar der Hummer, das höchststehende Thier der obersten Klasse unter den Gliederthieren, der Krustenthiere, ist im Stande, seine große Scheere mit größerer oder geringerer Vollständigkeit wieder herzustellen, wenn sie entfernt worden ist. Bei den Insekten, einer Klasse, die vielleicht im Ganzen genommen weniger komplizirt ist, als die der Krustenthiere, ist die Wiederherstellungsfähigkeit etwas mehr ausgeprägt. Jedoch sogar innerhalb der Grenzen dieser Klasse selbst kommt der allgemein in Rede stehende Grundsatz auf's deutlichste zur Geltung Wir haben bekanntlich im Leben der Insekten drei Stadien, die Larve oder Raupe, die Puppe und das vollkommene Insekt, und es ist gerade im Larven- oder einfachsten Stadium, daß die Wiederherstellungsfähigkeit am größten ist.

Parallel diesem ist der Fall der Vielfüßler, einer Klasse, zu der die Hundertfüßer und Tausendfüßer gehören. Bei den Thierchen dieser Klasse ist die Wiederherstellungsfähigkeit stets größer als bei den komplizirten Insekten, und, was noch bemerkenswerther, daß sie vor der letzten Häutung viel größer ist, als nachdem diese stattgefunden und der vollkommene Zustand des Thieres erreicht ist.

Aehnlichen Erscheinungen begegnen wir beim Stadium des höchsten Unterreichs, dem der Wirbelthiere. In der niedrigsten Klasse derselben, der der Fische, ist die Erneuerungsfähigkeit noch sehr ausgeprägt. Bei manchen Fischen hat sich an Stelle einer verloren gegangenen Flosse eine neue gebildet. In der nächst höher stehenden Klasse, der der Amphibien, zu welcher der Frosch, die Kröte, der Salamander u. s. w. gehören, ist diese Wiederherstellungsfähigkeit entfernter Glieder immer noch sehr gut ausgeprägt. So

wurde einem Salamander der Schwanz achtmal hinter einander entfernt und er wuchs ihm immer wieder nach. Das gleiche Experiment mit dem Bein dieses Molches war von gleichem Resultat. Der Frosch steht sicherlich höher als der Salamander, und ist deshalb bei ihm die Wiederherstellungsfähigkeit nicht so augenscheinlich. In der Kaulquappe oder dem niederen Stadium des Frosches ist diese indessen ebenso vollständig, wie beim Salamander oder sogar beim Fisch. Und dies ist in Uebereinstimmung mit der Thatsache, daß die Kaulquappe wirklich ein Fisch, während der erwachsene Frosch thatsächlich ein Reptil ist. Die Wiederherstellungsfähigkeit verlorener Theile, die die Kaulquappe besitzt, fehlt dem erwachsenen Frosch fast vollständig.

Wir wollen uns nun zum Menschen wenden. Es ist allgemein bekannt, daß nach Amputationen die Stümpfe häufig Zeichen einer theilweisen Neubildung aufweisen. Rudimentäre Auswüchse bilden sich an ihnen, welche manchmal das Aussehen eines sehr mißlungenen Fingergliedes haben. Der Fall von überzähligen Fingern oder Zehen ist von derselben Art. Wenn ein überzähliger Finger an der Hand oder dem Fuß eines menschlichen Wesens erscheint, wenn ein Kind mit sechs Fingern oder Zehen geboren wird, folgt der Entfernung des überzähligen Fingers oft seine Neubildung. Diese Neigung, sechs Finger oder Zehen zu haben, ist erblich; sie setzt sich in gewissen Familien fort. Um diese Thatsache und die Wiederherstellungskraft solcher überzähligen Glieder zu illustriren, will ich die Fälle, die Darwin in seiner „Abstammung des Menschen" giebt, hier anführen. Vier Mitglieder einer Familie besaßen je einen überzähligen Finger an jeder Hand und eine überzählige Zehe an jedem Fuß. In einem anderen Fall hatte ein Mann eine überzählige Zehe. Diese wurde entfernt, als er noch ein Kind

war; im Alter von 33 Jahren mußte sie jedoch auf's neue entfernt werden. Dieser Mann hatte eine Familie von 14 Kindern, von denen drei dieselbe väterliche Eigenthümlichkeit besaßen. In einem Fall wurde ein überzähliger Finger dreimal entfernt.

Der interessanteste Punkt in diesen Fällen ist das, was ich als doppelten Rückschlag bezeichnen möchte. Die Zunahme in der Zahl der Glieder ist ein Fall von Rückschlag, denn es ist eine allgemeine Regel in der Biologie, daß eine Wiederholung gleicher Theile eine Niedrigkeit des Organismus bedeutet. Wenn bei den Pflanzen sowohl wie bei den Thieren eine Reihe gleicher Theile vorkommt, wie z. B. die gleichmäßige Aufeinanderfolge von Zellen in der Alge, oder die gleichmäßige Aufeinanderfolge von Ringen im Körper eines Tausendfüßlers oder eines Regenwurms, so kann man als sicher annehmen, daß diese Pflanze oder dieses Thier von einem einfacheren Bau ist, als ein Lebewesen wie der Rosenstrauch oder ein Wirbelthier, in welchen eine Zahl verschiedenartigster Theile zu einem Organismus vereinigt sind. Oder, wenn wir diese biologische Regel durch Fälle beleuchten wollen, die mit unserem Thema in engerer Beziehung stehen, so finden wir, daß bei den niederen Säugethieren z. B. die Zahl der Finger an den Extremitäten größer ist, als bei den höheren. Die Finger in der Flosse eines Fisches sind viel zahlreicher als die an der Hand oder dem Fuß eines Säugethiers. Wenn daher eine Zunahme der Zahl der Finger oder Zehen bei einem Menschen stattfindet, haben wir einen Fall von Rückschlag, denn eine Wiederholung gleicher Theile bedeutet Niedrigkeit des Organismus.

Aber der anormale Körpertheil hat, wie wir gesehen haben, die Wiederherstellungsfähigkeit viel besser entwickelt, als die normalen Theile. Hierin haben wir auch einen Rück-

schlag; denn je niedriger das Thier und je einfacher das Gewebe, desto größer seine Wiederherstellungsfähigkeit. Man wird nun verstehen, warum ich sagte, daß wir in diesen Beispielen des Erscheinens und Wiedererscheinens von überzähligen Gliedern Fälle doppelten Rückschlags haben. Zuerst haben wir einen Rückschlag in der Zunahme der Zahl der Theile, dann wieder einen in der Thatsache, daß der anormale Theil die Wiederherstellungsfähigkeit viel mehr ausgeprägt hat, als der normale.

Die jedem Geburtshelfer bekannten Fälle von Ablösung von Gliedern des Embryo innerhalb der Gebärmutter und deren Wiederherstellung bieten ein weiteres Beispiel zu diesem Punkt. In der Gebärmutter bilden sich mitunter häutige Auswüchse, die buchstäblich ein Glied des Fötus (Leibesfrucht) abtrennen können. Der menschliche Embryo besitzt in diesem frühen Zustande die Fähigkeit, mit größerer oder geringerer Vollkommenheit das entfernte Glied wieder herzustellen, und bei der Geburt findet man denn auch, daß ein Bein oder Arm an Stelle des losgelösten gewachsen ist.

3. Krankheiten. Wie der Mensch keine Parasiten hat, die ihm eigenthümlich sind, so hat er auch keine Krankheiten, die nicht auch bei anderen Gliedern des Thierreichs vorkämen. Schon seit der Zeit des Boccaccio ist den Menschen bekannt gewesen, daß Krankheiten nicht nur ihnen und ihren Genossen im Thierreich gemeinsam sind, sondern daß sie auch vom Menschen auf Thiere und von Thieren auf Menschen übertragen werden können. Der italienische Novellist erzählt uns, daß die Kleider einer eben an der Pest gestorbenen Person auf die Straße geworfen wurden, und daß zwei Schweine, die sich darauf niedergelassen, mit der Pest behaftet wieder aufstanden.

Herzbeutelentzündungen kommen auch bei Vögeln vor;

der Kropf, eine Vergrößerung einer Gefäßdrüse im Halse, findet sich bei Maulthieren, Pferden, Ziegen, Schweinen, Schafen und Rindern ebenso wie beim Menschen.

Viele Krankheiten unserer Hausthiere sind identisch mit Krankheiten des Menschen, die unter anderen Namen bekannt sind. So ist die Rinderpest, die allen europäischen Nationen so viel Verlust verursacht, gleichartig mit dem Typhus des Menschen, und die unter dem Namen Rothlauf oder Gesichtsrose bekannte Krankheit des letzteren ist der Milzbrand bei Ochsen und Schafen.

Die sog. zymotischen (Gährungs-) Krankheiten sind den Säugethieren im Allgemeinen gemeinsam. Sie werden zymotisch genannt, weil man vermuthet, daß sie Gährungsstoffen zuzuschreiben (ζύμη [zyme] = Sauerteig, Veranlasser von Gährung), welche ihre Begleiter sind; ob diese jedoch die Ursache oder nur Wirkung, ist bis jetzt in den meisten Fällen noch nicht genau bekannt. Diese verschiedenen Krankheiten sind also begleitet von dem Erscheinen gewisser Körper im Blut der angesteckten Thiere. Die Gleichheit einer Krankheit bei verschiedenen Thieren und die Möglichkeit der Uebertragung einer dieser zymotischen Krankheiten von einem Thier auf ein anderes beweisen eine große physische Aehnlichkeit, wenn nicht physiologische Identität im Blute dieser Thiere. Die Rotzkrankheit der Pferde kann unter gewissen Umständen auch dem Menschen mitgetheilt werden. Die Pocken greifen andere Säugethiere ebenso gut an, wie den Menschen. So ergriff die Pockenepidemie von 1862 in England auch Schafheerden überall im Land. Die Geschichte ihres Ursprungs und ihrer Uebertragung von einem Viehhof auf den anderen war ebenso deutlich wie ihre Geschichte mit Bezug auf Männer und Frauen. Die Epidemie brach zuerst aus auf dem Gut eines Joseph Parry in Allington, Wiltshire.

Die Cholera ist ebenfalls nicht eine ausschließlich menschliche Krankheit; Katzen und Hunde leiden unter ihr und können, wie es den Anschein hat, durch die Hautausdünstungen angesteckt werden. Doch auch niedere Thiere als Säugethiere werden von ihr befallen. Als 1846 die Cholera unter den englischen Truppen in Kurratschie in Indien ausbrach, flohen die Raubvögel von dem heimgesuchten Distrikt, und todte Fische wurden massenhaft an die Meeresküste geworfen. Gelbes Fieber und Typhus sind keine Ausnahme von dieser allgemeinen Regel. Die von einer Epidemie geschwängerte Luft übt ihre Wirkung ebenso auf den Menschen wie auf andere Thiere. Krankheiten werden von niederen Thieren auf den Menschen und von ihm wieder auf andere Menschen übertragen. Ein Affe mag den Typhus auf seinen Wärter übertragen und dieser dann andere Menschen anstecken. Es muß ferner noch bemerkt werden, daß diese Uebertragung irgend einer Krankheitsform von einem Menschen auf ein Thier, oder umgekehrt, mit genau denselben geringen Abänderungen der Symptome und des Verlaufs der Krankheit begleitet sind, die wir erwarten müssen, wenn sie verwandte aber nicht identische Arten ergreifen.

Naturforscher, welche Gelegenheit hatten, die Gewohnheiten der Anthropoiden in ihren Heimathsländern und unter normalen Lebensbedingungen zu studiren, gehören zu den besten Zeugen in dem Streit über den Ursprung des Menschen. Ihre Zeugenaussage ist einmüthig die gleiche. Sei es Rengger, welcher die Affen Paraguays, oder Brehm, welcher die Affen Afrikas beobachtete, oder irgend ein anderer, vielleicht weniger fähiger und glücklicher Mann, als diese zwei unermüdlichen Deutschen, ihre Aussage ist in allen Fällen die gleiche. So werden die Aussagen Rengger's über eine Art der Rollschwanzaffen Paraguays (Cebus Azarae) bestätigt mit Bezug

auf andere Affen der Alten und Neuen Welt. Die Jungen leiden an Fieber, während ihre Milchzähne durchbrechen und verursachen ihren Eltern in dieser Zeit viel Mühe und Sorge. Alle Krankheiten der Verdauungsorgane, denen der Mensch ausgesetzt ist, ergreifen auch die Affen, von einer geringen Verdauungsbeschwerde aufwärts bis zu einer heftigen Entzündung der Gedärme oder einem gastrischen Fieber. Das Auge, dessen Bau und Funktionen beim Menschen wie bei seinen Verwandten dieselben sind, ist bei diesen wie bei jenem den gleichen Krankheiten unterworfen. So ist es bekannt, daß Anthropoiden und Affen am grauen Staar, einer Trübung der Krystall-Linse des Auges, leiden. Die Athmungsorgane bieten uns dasselbe Beispiel. Kleine Erkältungen, Husten, ein richtiger Katarrh, Lungenentzündung und sogar Schwindsucht mit allen ihren begleitenden Symptomen, wie hektische Röthe, hohe Temperatur u. s. w., alle diese sind unzähligemale bei den thierischen Verwandten des Menschen beobachtet worden.

Die Krankheiten des Nervensystems, und sogar des komplizirtesten Organs dieses Systems, des Gehirns, bilden keine Ausnahme von der allgemeinen Regel. So ist Schlagfluß keineswegs eine seltene Ursache des Todes bei den Affen. Jede Phase von Geisteskrankheit, von der bloßen Geistesschwäche bis zu den furchtbarsten Formen des Wahnsinns ist nicht nur bei Anthropoiden und Affen bekannt, sondern noch weiter hinunter im Thierreich.

Die Gleichförmigkeit der geistigen Störungen innerhalb dieses großen Gebiets ist ein starker Beweis zu Gunsten der Einheit des thierischen Nervensystems in allen wesentlichen Punkten und der Wahrheit, daß der höchst entwickelte Verstand nur das Resultat der Entwicklung von niederen und den niedersten Formen ist. Die Tücke der Pferde ist nichts

anderes als beginnender Irrsinn, eine mehr oder weniger ausgeprägte Form des Wahnsinns. Ein extremer Fall derselben Art geistiger Störung und nur im Grad von der Tücke des Pferdes abweichend, ist die Wuth des Elephanten. Um zum Schluß der Beispiele über Krankheiten zu kommen, will ich noch die Thatsache erwähnen, daß der Wahnsinn bei Kindbettfieber nicht auf das weibliche Geschlecht der Menschen beschränkt ist. Diese schreckliche Form der Gehirnstörung, die manchmal Frauen nach der Entbindung mit den zerstörendsten Folgen ergreift, treffen wir in der Regel auch bei niederen Thieren an, wenigstens so weit abwärts in unserer Ahnenreihe bis zu den Hufsäugethieren. Man hat z. B. den Wahnsinn des Kindbettfiebers bei Schweinen beobachtet.

Jede Krankheit des Fortpflanzungs-Systems ist den Menschen wie den Anthropoiden gemeinsam. Um nur ein Beispiel, vielleicht das schlagendste, anzuführen, will ich erwähnen, daß die fürchterliche Geißel Syphilis ihre unheilvollen Wirkungen bei den Anthropoiden sowohl wie bei den Menschen ausübt.

4. Arzneien. Die Gleichförmigkeit mit Bezug auf Krankheitsfälle zwischen dem Menschen und den niederen Thieren muß uns sicherlich zu der Annahme führen, daß ebenfalls eine Gleichförmigkeit mit Bezug auf die Wirkung verschiedener Arzneien auf den Organismus des Menschen wie der niederen Thiere besteht; und diese Annahme ist auch richtig. Im Allgemeinen kann man sagen, daß jede Arznei thatsächlich dieselbe Wirkung auf den Menschen wie auf andere Säugethiere ausübt. Dies ist zugleich das Resultat wie auch die Ursache der meisten Experimente mit Arzneien, welche an Thieren gemacht werden. Da frühere Untersuchungen gleiche Resultate ergaben, gleichviel ob der Mensch oder die ihm

verwandten Thiere der Gegenstand des Experiments gewesen, so wurden später Experimente an niederen Thieren versucht, um sich zu vergewissern, ob neu entdeckte Heilmittel für das Reich der fühlenden Wesen im Allgemeinen von wirklichem Werth sind oder nicht. Für Niemanden außer für einen Gegner der Vivisektion kann ein Zweifel darüber bestehen, daß solche Experimente nicht blos zum Nutzen der Menschen angestellt werden. Die Experimente der Vivisektion entspringen vielmehr dem Bestreben, durch sorgfältig ausgeführte empirische (erfahrungsgemäße) Versuche zur Gewißheit zu gelangen, ob diese oder jene Substanz in der Behandlung von Krankheiten der Thiere im Allgemeinen von Nutzen sein wird, und ob andere in die Liste jener schmerzstillenden Mittel einzureihen sind, in der die Namen Opium und Chloroform verzeichnet stehen.

Aus der ungeheuren Zahl arzneilicher Heilmittel, vom einfachen Wasser bis zum Mutterkorn, die, wie durch Experimente nachgewiesen, dieselbe Wirkung auf alle höheren Thiere ausüben, will ich nur einige Substanzen anführen, die für uns von besonderem Interesse sind, da sie anerkanntermaßen auf das Nervensystem wirken. Ich wähle diese gerade, weil der letzte Strohhalm der im Meer der Wissenschaft versinkenden Gegner der Evolution die sonderbare Einbildung ist, daß der Mensch in Betreff seines Nervensystems von seinen Verwandten verschieden sei.

Thee, Kaffee und Tabak haben dieselbe Wirkung auf die Anthropoiden wie auf den Menschen selbst. Thee enthält ein gewisses pflanzliches Alkaloïd, Theïn genannt; der Kaffee ebenfalls eines, welches Kaffeïn genannt wird. Ein Alkaloïd ist eine zusammengesetzte organische Substanz, die in der Regel aus vier chemischen Elementen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff besteht, die gewöhnlich in

großen Atomzahlen verbunden sind. Es wird Alkaloïd genannt wegen seiner Aehnlichkeit mit den Alkalien Kalium, Natrium, Ammonium. Die wirksamen Stoffe der Pflanzen, jene Bestandtheile, die den Pflanzen ihren Werth als Heilmittel geben, sind die Alkaloïde. Einer der für uns gegenwärtig interessantesten Punkte ist der, daß Theïn, das Alkaloïd des Thees, und Kaffeïn, das Alkaloïd des Kaffees, durch chemische Analyse als identisch in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren Eigenschaften nachgewiesen worden sind. Es ist eine sehr bezeichnende Thatsache, daß der wichtigste Bestandtheil des chinesischen Thees, des arabischen Kaffees, des Maté- oder Paraguay-Thees, ein und derselbe ist. Seine chemische Formel, welchen Namen man immer ihm geben möge, ist C_8, H_{10}, N_4, O_2, d. h. das Alkaloïd jeder dieser drei Pflanzen besteht aus acht Atomen Kohlenstoff (C), zehn Atomen Wasserstoff (H), vier Atomen Stickstoff (N) und zwei Atomen Sauerstoff (O).

Man kann in Folge der Allgemeinheit des Kaffee- oder Theetrinkens zur Ansicht kommen, daß dieser Grundstoff ein besonderes Bedürfniß des Menschengeschlechts befriedige. Jedoch ist dieses Bedürfniß keineswegs ein Vorrecht des Menschen, denn seine Verwandten erfreuen sich an diesen nicht alkoholischen Reizmitteln eben so sehr wie er, und die Wirkung ist bei den Anthropoiden, wenn sie diese Getränke zu sich nehmen, genau dieselbe wie bei den Menschen.

Der Tabak enthält ebenfalls ein Alkaloïd, welches Nicotin genannt wird und dessen chemische Formel C_{10}, H_{14}, N_2 lautet, es besitzt also keinen Sauerstoff. Die Eigenschaften dieses Alkaloïds sind jedem Schuljungen bekannt; seine Wirkung ist bei allen Primaten dieselbe. Anfangs leiden die Affen unter dem Genuß des Tabaks, er verursacht ihnen Uebelkeiten. Aber Viele von ihnen fahren fort, ihn zu ge-

nießen, — wie der Mensch, und sie scheinen sehr bald aus seinem Genuß jenes Behagen zu schöpfen, das eine der größten vermeintlichen Glücksquellen der heutigen Menschheit ist.

Zum Schluß noch ein Beispiel: das des Alkohols. Dieses ist von größerer Wichtigkeit als irgend ein anderes, weil die Wirkung des Alkohols auf das Nervensystem und namentlich auf dessen Zentren so deutlich wahrzunehmen ist. Sie ist dieselbe bei Anthropoiden, Affen und Säugethieren überhaupt, wie bei den Menschen, ja, man kann fast sagen, ihre Gleichheit zeigt sich selbst in der Verschiedenartigkeit ihrer Aeußerungsweisen. Damit will ich sagen, daß allerdings die allgemeine Wirkung des Alkohols der Rausch ist, ebenso beim Menschen wie bei jedem anderen Thier, daß aber die Erscheinungsformen des Rausches bei den verschiedenen Individuen sehr verschieden sind. Daß dies mit Bezug auf den Menschen richtig ist, weiß wohl Jedermann.

Die Neger des nordöstlichen Afrikas fangen Paviane dadurch, daß sie Gefäße mit starkem Bier im Freien aufstellen, in dem sich die hinzukommenden Affen betrinken, so daß sie unfähig zum Entfliehen werden. Brehm, der dies berichtet, hat selbst diesbezügliche Beobachtungen gemacht, aus denen hervorgeht, daß der Alkohol sehr verschieden auf diese Affen wirkt. Einige werden außergewöhnlich mürrisch und fangen mit Jedem Streit an, der ihnen in den Weg kommt. Andere werden höchst rührselig und beginnen bei der geringsten Gelegenheit oder auch ohne solche zu weinen. Einige wenige sind wirklich gutmüthige Burschen und äußert sich bei ihnen die Wirkung dieses Reizmittels in einer allumfassenden Zärtlichkeit; sie gerathen in eine Stimmung, als wollten sie mit Jedermann Brüderschaft trinken. Doch wie verschieden die individuellen Wirkungen auch sein mögen, der nächste Morgen (dieser schreckliche nächste Morgen!) zeigt

uns die verehrte Affengesellschaft in keineswegs rosiger Stimmung. Sie sitzen melancholisch da, den Kopf auf die Hand gestützt, und weisen Alles zurück, außer — Sodawasser. Dies ist der Bericht von Brehm.

Der Schreiber Dieses lernte einen Anthropoiden, das Eigenthum eines Theaterbesitzers, kennen, der unzweifelhaft höher entwickelt war, als seine afrikanischen Genossen. Er betrank sich nämlich alle Abende nach der Vorstellung, natürlich stets in Gesellschaft seines Meisters, und nahm am Morgen ein Glas Sodawasser mit Schnaps mit demselben Vergnügen zu sich, wie ein ausgepichtes Kneipgenie.

Diese tragikomischen Thatsachen beweisen die Gleichheit der Wirkungen des Alkohols auf das Gehirn des Menschen wie der Anthropoiden sogar in der Verschiedenartigkeit ihrer Aeußerungsweisen und zeigen, wie weit hinunter ins Thierreich unsere Verwandtschaft in Beziehung auf die Einrichtung unseres Gehirns reicht. Ich kann hier noch anführen, daß sogar ein Mitglied der zweitniedersten Säugethier-Ordnung, der Beutelthiere, bekannt wurde, das Rum und Tabak so gut konsumiren konnte, als wäre es ein Christenmensch. Das Thier ist ein Verwandter des Känguruh und kommt in Queensland (in Australien) vor. Sein Name ist Koala (Phascolarctus cinereus), ein von Früchten lebender Kletterbeutler.

5. Perioden. Wenige Erscheinungen sind mysteriöser, als die mit regelmäßigen Perioden verknüpften. Es ist eine Jedermann bekannte Thatsache, daß gewisse Funktionen des menschlichen Körpers, normale oder anormale, entweder in ihrem Wiederauftreten oder ihrer Dauer oder in den Zeiten ihres stärksten Auftretens auf die Mondperioden Bezug haben. Die Beziehung von Fortpflanzungsfunktionen zu

Mondperioden ist wohlbekannt. Eine Form dieser Beziehung ist die ganz genau bestimmte Schwangerschaftszeit beim Menschen. Für unsere gegenwärtige Untersuchung, ob der Mensch eine spezielle Schöpfung nach dem Ebenbilde Gottes oder das Resultat der Entwicklung von niederen Thierformen, ist die wichtigste Thatsache die, daß diese mit den Mondumläufen zusammenhängende Periodizität keineswegs auf den Menschen allein beschränkt ist, sondern eine allgemeine Erscheinungsform durch das ganze Thierreich bildet. Für die Beweise, die ich über diesen Punkt anführen will, bin ich einer bemerkenswerthen Abhandlung von Herrn Laycock, welche derselbe schon im Jahre 1842 veröffentlichte, verpflichtet.

Die Abhandlung enthält eine Zusammenfassung einer sehr großen Zahl von an Thieren gemachten Beobachtungen des Herrn Laycock; derselbe kommt zu dem Schluß, daß ein Gesetz siebentägiger Perioden sehr ausgedehnt im Thierreich herrscht. Es gilt für viele Glieder des Thierreichs, so in Betreff der Entwicklungs-Metamorphosen (wie bei Insekten), akuter Krankheiten, wie Fieber, und chronischer Störungen. Ich will einige der Ergebnisse, zu denen er gelangte, hier anführen. Die Zeit, die beim Johanniswurm von der Befruchtung bis zum Auskriechen der Eier verstreicht, ist genau sechs Wochen. Bei der Fischklasse beträgt die Brutzeit der Eier zwanzig Wochen. Bei den Vögeln ist sie verschieden, bei den Fliegenschnappern zwei Wochen, bei den Sumpfvögeln drei Wochen, bei den Enten vier Wochen, beim Schwan sechs Wochen. Dies sind nur einige Beispiele aus Herrn Laycock's Ausführungen.

Das Resultat der Beobachtungen über diesen Punkt an 129 verschiedenen Vogel- und Säugethier-Arten war, daß in 67 Fällen die Zahl der Tage zwischen der Befruchtung und Geburt ein genaues Vielfaches von 7, d. h. eines

Sechsunddreißigstels der Dauer der menschlichen Schwangerschaft betrug. 24 Fälle wichen um einen Tag ab und bei den übrigen 38 Fällen zeigte sich einige Unsicherheit über den Verlauf der Beobachtung und des Experiments, welche das Resultat in der einen oder anderen Weise werthlos machte.

Man vergleiche mit den dargelegten Ergebnissen die Thatsache, daß periodisch aussetzende und wiederkehrende Krankheiten bei den niederen Thieren dieselbe Periodizität zeigen, wie beim Menschen. So leidet der Hund an Wechselfieber, das bei ihm, wie beim Menschen, jeden dritten Tag wiederkommt (Tertianfieber). Ferner weiß jeder Arzt, daß es kritische Tage und Tage, die ich sub-kritische nennen möchte, bei akuten Krankheiten giebt. An den kritischen Tagen findet ein Anfall von größerer Heftigkeit statt, als an anderen Tagen; an den sub-kritischen Tagen findet auch ein Anfall statt, der aber nicht so außerordentlich heftig ist, wie an den kritischen. Diese kritischen Tage sind der 7., 14. und 21. der Krankheit, die sub-kritischen der 4. und 11., gerade in der Mitte zwischen den kritischen.

Die Thatsache, daß dies merkwürdige und bisher unerklärbare Gesetz, welches gewisse normale oder anormale Funktionen des Menschen mit Mondperioden in Zusammenhang bringt, auch für die niederen Thiere gilt, scheint dem Evolutionär ein starker indirekter Beweis für die Gemeinsamkeit des Ursprungs des Menschen mit dem der niederen Thiere.

6. Entwicklung. Die letzte Gruppe von Thatsachen, welche ich unter der Rubrik der allgemeinen Physiologie, des Studiums der Funktionen des Körpers mit Ausnahme der des Nervensystems gebe, sind Thatsachen der Embryologie. Ich betrachte dieselben als die überzeugendsten

Beweise zu Gunsten der Evolutionstheorie. Im weiteren Sinne genommen geht der Mensch in seiner Entwicklung durch eine Reihe von Uebergangsstadien, von denen jedes mit dem vollkommenen Zustand eines der niederen Thiere identisch ist. In seiner Entwicklung von dem Ei bis hinauf zu dem Zustand, in welchem er unzweifelhaft ein menschliches Wesen repräsentirt, bietet er anatomische und physiologische Erscheinungen dar, die genau denen von Thieren entsprechen, die niedriger stehen, als der entwickelte Mensch.

Nach der Schöpfungstheorie ist diese ganze wunderbare Reihenfolge von Veränderungen ohne jeden Sinn und Bedeutung; ja, sie ist mehr als bedeutungslos, sie ist verwirrend. Nach der wissenschaftlichen Theorie sind alle diese embryonischen Veränderungen jedoch sehr leicht verständlich und begreiflich. Sie stimmen überein mit den Stadien der Entwicklung des Menschengeschlechts in den unendlichen Zeiträumen der Vergangenheit, und leiten uns zu der großartigen Regel, daß des Menschen Ontogenie ein Auszug aus seiner Phylogenie ist, d. h. daß die Entwicklungsgeschichte des Individuums (Ontogenie) ein Spiegelbild im Kleinen der Entwicklungsgeschichte des ganzen Geschlechtes (Phylogenie) darstellt. Nach der Entwicklungslehre schreitet jedes menschliche Wesen in wenigen Jahren durch dasselbe Gebiet, das von seinen Vorfahren im Verlauf von Millionen und Millionen von Jahren durchschritten worden; und dies steht so sehr im Einklang mit den allgemeinen Grundsätzen, daß die Idee von vornherein wahrscheinlich erscheint. Derselbe Grundsatz gilt für die Entwicklung des Wissens, das wir heute erlangt haben. Das Kind, welches eine Sprache lernt, oder der Mann, welcher sich die Kenntniß einer vorgeschrittenen Wissenschaft aneignet, erlangt in wenigen Tagen den Besitz von Erbschaften langer Zeiträume. Die Resultate mühsamer

Anstrengungen, von Versuchen, Erfolgen und Irrthümern von Menschengeschlechtern eignen wir uns heute in einer kurzen Spanne Zeit an.

Es ist unmöglich, alle oder auch nur viele Einzelheiten zu geben, welche den allgemeinen Grundsatz unterstützen, daß der Mensch in seiner Entwicklung Stadien durchschreitet, die dem vollkommenen Zustand niederer Thiere entsprechen und sehr wahrscheinlich identisch mit gewissen Formen seiner Vorfahren sind. Das volle oder sogar theilweise Verständniß dieser Einzelheiten ist nur einem praktischen Embryologen möglich. Doch einige Thatsachen will ich anführen, die jedem Leser verständlich sein werden.

Jedes menschliche Wesen ist am Anfang ein Ei von 1/5 Millimeter Durchmesser. Es ist eine einfache Zelle von einer weichen Eiweißmasse, dem Zellstoff (Protoplasma), erfüllt, und von einer Haut umgeben. Das „Protoplasma" umschließt ein festeres Eiweißkörperchen, den Zellkern oder das Keimbläschen (nucleus), welches in seinem Innern noch ein kleines rundliches Körperchen birgt, das Kernkörperchen oder den Keimfleck (nucleolus). Dieses erste Erscheinen auf der Bühne des Lebens ist in jeder Hinsicht identisch mit den selbstständigen Zellen, welche die niedersten Thiere und Pflanzen darstellen. Es ist heute ein in der Wissenschaft unbezweifelter Satz, daß Niemand eine Zelle, aus der sich ein Mensch entwickeln wird, oder nicht, je nachdem die Befruchtung stattfindet oder nicht, unterscheiden kann von den mikroskopischen Organismen, welche an der Grenzlinie schweben nicht nur zwischen dem Thier- und Pflanzenreich, sondern auch zwischen dem Reich des Lebenden und Nichtlebenden.

Diese einfache Zelle theilt sich nach der Befruchtung in zwei, vier, acht, sechzehn, zweiunddreißig u. s. w., bis eine ganze Masse ähnlicher Zellen gebildet ist. Diese Form des

menschlichen Thieres wird die Brombeer- oder Maulbeer-Form genannt, da das Aussehen dieser Vereinigungen vieler Zellen nicht unähnlich dem einer Maulbeere ist. Genau das gleiche Aussehen bieten verschiedene niedere Thier- und Pflanzenformen. Ein Mittelstadium zwischen diesem und dem folgenden ist das der Gastrula, das bei den höheren Wirbelthieren ausgefallen ist, in der Entwicklung des Lanzettfischchens aber noch vorkommt. (Siehe Fig. 7.) Etwas später gehen die inneren Zellen in einen flüssigen Zustand über und die äußeren verdichten sich zu zwei Häuten; unser Embryo ist nun ein doppelter Sack mit flüssigem Inhalt, und gleicht einigen Gliedern des Stammes der coelenterata (Schlauchthiere), zu denen Quallen und Polypen gehören; die bekanntesten Arten dieses Unterreichs dürften sein die Hydra, ein im Süßwasser lebender Polyp, der sich bei uns in Teichen auf Wasserpflanzen findet, und die Seeanemone.

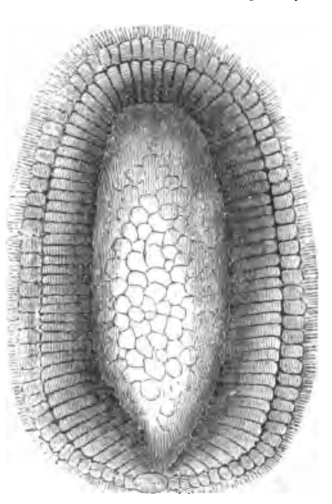


Fig. 7. Gastrula.

Ich übergehe nothgedrungen eine sehr große Zahl der folgenden Entwicklungsstadien, und will nur einige wichtigere Punkte hervorheben, die sämmtlich Zeugniß für die Richtigkeit der Evolutionstheorie ablegen. In welcher Weise erscheint zuerst das Rückgrat des Menschen? Als ein kleines knorpliches Stäbchen, das die Mittellinie des Körpertheils, aus dem sich der Rücken bilden soll, entlang läuft, und an dem die Stellen bezeichnet sind, an denen später die Rücken-

wirbel sich bilden werden. Wir finden nun heute im Mittelländischen Meer den Amphioxus oder das Lanzettfischchen das niedrigste Wirbelthier, und in der Mittellinie der Rückenregion dieses rudimentären Fisches zeigt uns die Sektion einen Knorpelstab, den Rückenstrang (chorda dorsalis). Das Lanzetthierchen stirbt schnell aus; in einem Jahrhundert wird vielleicht keines dieser Thiere mehr existiren. Doch in einem Jahrhundert wird der Beweis nicht mehr nöthig sein, den uns dieses Thierchen als niedrigstes Wirbelthier oder als höchstes wirbelloses Thier liefert. Man kann beides sagen, denn das Thier steht an der Grenzscheide zwischen Wirbelthieren und Wirbellosen. Jedermann wird dann die Evotionstheorie als die einzig gültige anerkannt haben.

Den Schwanz finden wir auch beim Menschen wieder. Frühzeitig in der Entwicklung des Skeletts des Menschen ist das Steißbein (der Schwanz) verhältnißmäßig viel größer als im ausgewachsenen Zustande. Das Schwänzchen ist beim Embryo anfangs länger, als die Beine. Mit Bezug auf die Beine und Arme selbst muß bemerkt werden, daß sie im Beginn ihrer Entwicklung und in den ersten Stadien derselben genau so sind wie bei anderen Wirbelthieren, daß thatsächlich die Arme und Beine des Menschen sich Anfangs nach demselben Plan wie die Flossen der Fische entwickeln und einige Zeit lang in dieser Entwicklung fortfahren. Eine spezielle Thatsache mag noch in Verbindung mit der Entwicklung der Glieder angeführt werden. Die große Zehe ist ein Stein des Anstoßes für Viele, die sich mit dem Studium der Evolution beschäftigen. Man glaubt, daß sie beim Menschen in ihrer Anordnung zu den anderen Zehen so wesentlich verschieden vom Daumen sei, daß hieraus schon hervorgehe, daß der Mensch besonders geschaffen worden. Im jungen Embryo jedoch, lange vor der Geburt, ist die

große Zehe viel kürzer, als die übrigen Zehen und anstatt mit der Achse des Fußes parallel zu sein, ist sie, wie bei den erwachsenen Affen, in einem Winkel mit jener Achse. Sie ist in diesem Stadium dem Daumen ganz entsprechend.

Der Darmkanal des Menschen ist in zoologischen Büchern gewöhnlich unterschieden von dem der Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische aus dem folgenden Grund: Beim Menschen und bei den Säugethieren im Allgemeinen ist der Darmkanal gänzlich getrennt (im normalen erwachsenen Zustand) von den Harn- und Geschlechtsorganen. Bei den niedersten Säugethieren jedoch mündet die Harnröhre, und in den meisten Fällen die weiblichen, die Eier, resp. die männlichen den Samen ausführenden Geschlechtstheile in den unteren oder hinteren Theil des Darmkanals. In diesem Fall heißt der Endtheil des Darmkanals Kloake. Es giebt jedoch ebenfalls ein Stadium in der Entwicklung des menschlichen Embryo, wo eine solche Kloake existirt und der Darmkanal nicht von der Harnröhre und den Geschlechtsorganen getrennt ist.

Die Niere, oder das Ausscheidungsorgan, ist selbst eine andere Illustration unserer Regel. Ohne zu weit in anatomische Einzelheiten einzugehen, will ich hier konstatiren, daß bei den Amphibien und anderen Wirbelthieren, die niedriger als die Säugethiere stehen, der Bau der Nieren wesentlich verschieden von dem der Nieren der Säugethiere ist. Diese niedriger organisirten Nieren werden die Wolff'schen Körper genannt. In der Entwicklung der Säugethiere erscheinen zuerst Nieren, die den Wolff'schen Körpern entsprechen, und aus denen sich später andere bilden, deren Bau komplizirter ist. Das vorübergehende Erscheinen dieser ersten Nieren und ihre Ersetzung durch nachfolgende bessere ist nur verständlich nach der Evolutionstheorie.

Bei fast allen anderen Organen walten ähnliche Um-

stände vor. So ist das Herz des menschlichen Wesens zuerst nur ein pulsirendes ungetheiltes Gefäß. Ebenso das des Lanzettthierchens. Von dem Herzen des erwachsenen Menschen zweigt sich die Aorta ab, die große Schlagader (sie ist auf Fig. 8 mit i bezeichnet), welche das in den Lungen gereinigte Blut zur allgemeinen Vertheilung in alle Theile des Körpers sendet. Beim Menschen macht diese große Arterie eine Biegung nach der linken Seite des Körpers, ehe sie die innere Seite der Wirbelsäule erreicht, und läuft dann an der Vorderseite derselben als abwärts gehende Aorta hinab. Bei den Säugethieren finden wir im Allgemeinen dieselbe Anordnung. Bei den Vögeln geht diese Biegung nach der rechten, nicht nach der linken Seite. Bei den Reptilien giebt es zwei Aortenbogen, einer

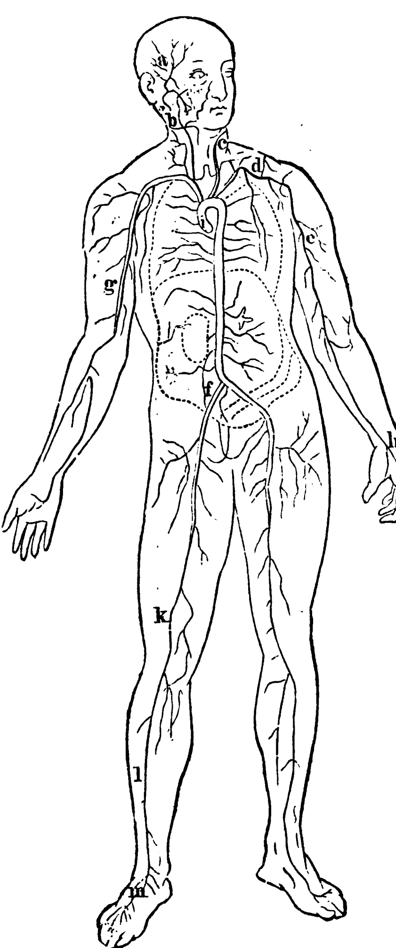


Fig. 8. Blutgefäßsystem des Menschen.

nach der rechten, der andere nach der linken Seite laufend beide vereinigen sich dann an der Vorderseite des Rückgrats. Bei den Amphibien herrscht im erwachsenen Zustand derselbe Plan wie bei den Reptilien vor. Im ersten Stadium jedoch, dem Larvenzustand (z. B. der Kaulquappe, des Frosches), giebt es sechs Aortenbogen, drei auf der rechten und drei auf der linken Seite, also drei Paare, und diese Anordnung im Larvenstadium der Amphibien ist der vollkommene Zustand bei den erwachsenen Angehörigen der niedrigsten Säugethierklasse, den Fischen. In der Entwicklung des Menschen nun giebt es anfangs ebenfalls sechs Aortenbogen, genau so angeordnet wie bei den Fischen. Durch eine Reihe von Veränderungen bleibt uns zuletzt nur der eine auf der linken Seite. Aber mit eben solcher Bestimmtheit, wie wir folgern, daß die Anordnungen der Aortenbogen bei den ausgewachsenen Amphibien das Resultat der Entwicklung von der fischähnlichen Kaulquappenform ist, ebenso können wir folgern, daß die gegenwärtige Anordnung des einen Aortenbogen im Menschen das Resultat der Entwicklung von früher existirenden Zuständen ist, die mit den jetzt noch im Fisch obwaltenden identisch sind. Wenn dieses nicht richtig wäre, sind wir dann nicht berechtigt, den Anhängern des alten Glaubens die Frage vorzulegen: „Zu welchem Zweck ist denn diese Verschwendung? Warum beginnen wir mit sechs Aortenbogen, wenn schließlich nur einer übrig bleiben soll?"

Der hülflose Zustand des menschlichen Embryo bei der Geburt, und seine auffallende Verschiedenheit von dem erwachsenen Menschen entspricht genau den diesbezüglichen Verhältnissen der Anthropoiden. Der Orang-Utang z. B. erlangt seine volle Reife erst in einem Alter von 10 bis 15 Jahren, demselben Alter, mit dem in tropischen Gegenden der Mensch aufhört ein Kind zu sein.

Viertes Kapitel.

Geisteskräfte und Moral.

Wir haben einige Punkte in der Anatomie und allgemeinen Physiologie des Menschen betrachtet, auf welchen nebst unzähligen anderen die Schlußfolgerungen des Evolutionärs beruhen. Diesem letzten Kapitel über den Ursprung des Menschen ist die Betrachtung eines speziellen Zweiges der thierischen Physiologie vorbehalten, jenes, der gewöhnlich unter dem Namen Psychologie bekannt ist.

Gleich beim Beginn jedoch muß ich mich noch einmal gegen unsere künstlichen Abtheilungen aussprechen. Die Physiologie ist die Lehre von den Körperfunktionen und schließt daher meiner Ansicht nach die Lehre von jener Funktion des Nervensystems ein, welche Viele Geist nennen. Die moralischen Fähigkeiten sind wiederum nur ein Theil der geistigen Fähigkeiten. Die moralischen Fähigkeiten eines Thieres umfassen jenen Theil seiner geistigen Funktionen, der nicht auf sein eigenes Ich, sondern auf dessen Verhältniß zu anderen fühlenden Wesen Bezug hat. Da also der Geist nur Eine der Körperfunktionen ist, und die moralischen Fähigkeiten nur ein Zweig der des Geistes, so ist die Lostrennung der Wissenszweige, die sich mit ihnen beschäftigen, von der allgemeinen Physiologie gleichbedeutend mit dem Machen einer Unterscheidung, wo keine Verschiedenheit existirt. Die Wahrheit ist, daß wir noch nicht frei sind von dem Aberglauben, daß der Mensch ein dreifaches Wesen sei, gleich einer Art von Dreieinigkeit im Kleinen. Des Menschen

physische, geistige und moralische Natur, des Menschen Körper, Vernunft und Gemüth sind so lange als wirklich verschiedene Erscheinungsgebiete betrachtet worden, daß es in einer populär gehaltenen Schrift immer noch nothwendig erscheint, die alte Eintheilung zu berücksichtigen.

Nachdem ich meinen Standpunkt in dieser Sache dargelegt, auf die so großer Nachdruck gelegt wird, will ich nun zur Betrachtung des Beweises über den Ursprung des Menschen, der unter die Ueberschrift dieses Kapitels gebracht werden kann, übergehen.

Der Geist ist eine Funktion des Nervensystems.

Es ist gebräuchlich, das Gebiet des Geistes in drei Theile zu zerlegen, eine Theilung, die zwar in Wirklichkeit nicht vorhanden, aber eben so nützlich ist als die Meisten unserer Klassifikationen. Fühlen, Denken und Wollen sind diese drei gebräuchlichen Abtheilungen.

Das Gefühl schließt die verschiedenen Formen der Empfindung ein, die mit den gewöhnlichen Sinnesorganen in Verbindung stehen, den Organen des Geschmacks, Geruchs, Gehörs, Gesichts und des Tastsinnes; ferner eine Anzahl sogenannter organischer Empfindungen, welche nicht nothwendiger Weise mit irgend Einem der Sinnesorgane verbunden sind, wie die des Hungers, des Durstes, der Neigung zum Erbrechen; ferner alle inneren Bewegungen, wie Stolz, Aerger, Liebe, Hoffnung.

Das Denken ist eine Folge des Fühlens. Keine der Denkfunktionen ist möglich ohne das Vorhergehen gewisser Empfindungen.

Das Wollen oder der Wille ist ebenfalls die Folge von Empfindungen.

Wir können nicht erfolgreich in unserer Untersuchung fortschreiten, ohne die drei Arten von Bewegungen unseres

Körpers zu beachten, da sie in bestimmter Beziehung zu den geistigen Funktionen stehen. Diese Bewegungen sind entweder Reflexbewegungen (Ueberstrahlungsbewegungen) oder automatische (unwillkürliche) oder willkürliche. Eine Reflexbewegung ist nicht von einem Akt des Bewußtseins oder Willens begleitet. Ein Beispiel dieser Bewegungsart ist die wurmförmig schlängelnde Bewegung der Eingeweide, die innerhalb jeder lebenden Person vor sich geht und ganz und gar unabhängig von dem Bewußtsein oder Willen dieser Person ist. Eine automatische oder, richtiger bezeichnet, eine sensorisch-motorische Bewegung ist nicht von einem Willensakt begleitet, wohl aber von einer Empfindung. Die Zusammenziehung der ringförmigen Fasern der Regenbogenhaut, des farbigen Theiles des Auges, wenn ein auf die Augen fallendes Licht zu grell, ist ein diesbezügliches Beispiel. Eine willkürliche Bewegung ist sowohl von einer Empfindung wie von einem Willen begleitet. Die Mehrheit der dem gewöhnlichen Menschen am besten bekannten Thätigkeiten, wie Schreiben oder Lesen, gehören zu dieser Abtheilung.

Natürlicherweise gehen diese drei Formen der Thätigkeit eine in die andere über. Wer mit Sorgfalt den Vorgang beim Verzehren eines Stückchens Brot beobachtet, wird alle Abstufungen und Uebergänge dieser drei Stadien wahrnehmen können. Das erste Stadium, in welchem das Brot nach dem hinteren Theile des Mundes befördert wird, ist ein bewußtes und willkürliches Stadium. Das dritte, in welchem das Brot von dem oberen Theile des Schlundes nach dem Magen befördert wird, ist eine Reflexbewegung. Zwischen diesen beiden haben wir ein kurzes, doch deutlich ausgeprägtes Stadium, dessen wir uns bewußt werden, über das wir jedoch keine Herrschaft besitzen. Es ist ein Stadium automatischer, bewußter, jedoch unwillkürlicher Thätigkeit.

So viel als Einleitung. Wenn wir uns zur Betrachtung der Einzelheiten wenden, so ist das Erste, was uns auffällt, etwas, was ich die unnöthige Verzweiflung Darwin's nennen muß. In seiner „Abstammung des Menschen" finden wir folgenden Satz: „Es ist eben so hoffnungslos, erforschen zu wollen, in welcher Weise die geistigen Kräfte bei den niedersten Organismen zuerst entwickelt wurden, als die, wie das Leben zuerst entstanden. Es sind dies Probleme für die ferne Zukunft, wenn sie überhaupt je von Menschen gelöst werden können." (I. Kap. 3.)

Ich wage anzunehmen, daß die Untersuchung weit entfernt ist, eine hoffnungslose zu sein. Die Probleme über den Ursprung des Lebens und den Ursprung des Geistes scheinen heute eben so lösbar, als das Problem des Ursprungs des Menschen im Anfang dieses Jahrhunderts erschien.

Leslie Stephen spricht für die jüngere Schule, deren hoffnungsvollere Aeußerungen das Resultat der Lehre Darwin's sind, der selbst so hoffnungslos über diesen Punkt dachte. Bei der Besprechung der Unterscheidung, welche unsere Unwissenheit zwischen den geistigen Kräften des Menschen und denen der niedrigeren Thiere gezogen hat, schreibt Stephen: „In der That scheinen uns die Grenzen, die gezogen worden sind, auf keiner besseren Grundlage zu ruhen, als sehr viele andere metaphysische Unterscheidungen, d. h. auf der Annahme, daß, weil man zwei Dingen verschiedene Namen geben kann, sie deshalb auch verschiedener Wesenheit sein müssen. Es ist schwer zu verstehen, wie Jemand, der einen Hund gehalten oder einen Elephanten beobachtet hat, die geringsten Zweifel über die Fähigkeiten des Thieres hegen kann, die wesentlichen Vorgänge des Urtheilens auszuführen."

Häckel spricht sich, wie gewöhnlich, entschiedener hierüber

aus als irgend ein Anderer. Er sagt ganz ausdrücklich, daß die menschlichen Geistesfähigkeiten nur dem Grad und nicht dem Wesen nach von denen anderer Thiere verschieden sind und daß bei vielen Individuen der höchsten Menschenrassen die geistigen Fähigkeiten geringer sind als bei gewissen Individuen niederer Rassen.

Wenn wir den Geist und die Moral des Menschen mit dem Geist und der Moral der niedrigeren Thiere vergleichen wollen, bieten sich uns zwei Methoden dar; durch die Anwendung der einen oder der anderen oder beider können wir das große Gesetz begründen, daß es keine Funktion des menschlichen Geistes giebt, welche nicht auch bei den niederen Thieren angetroffen würde. Nehmen wir welche geistige Funktion immer, die dem Menschen eigenthümlich erscheint! Entweder finden wir sie nicht bei gewissen Wesen, die nach allgemeiner Annahme als Menschen bezeichnet werden, oder wir finden sie auch bei anderen Wesen, welche nach allgemeiner Annahme nicht als Menschen gelten. Es ist keine Kühnheit nöthig, Jedermann herauszufordern, auch nur eine einzige geistige Funktion zu nennen, welche dem Menschengeschlecht ausschließlich eigenthümlich wäre. Alles was nöthig ist, ist etwas Kenntniß des Gegenstandes.

Bei diesem Theil unserer Untersuchung ist es mehr als anderswo nöthig, sich gegen den gewöhnlichen Fehler zu schützen und, wenn vom Menschen die Rede, nicht an die höchst entwickelten Menschen zu denken. Der Vergleich muß stets zwischen den niedrigsten Menschen und den intelligentesten niedrigeren Thieren gemacht werden. Wir müssen stets im Gedächtniß behalten die zahllosen Abstufungen zwischen der geistigen und moralischen Natur eines Darwin und der eines gemeinen Verbrechers; ferner die ähnlichen Reihen von Abstufungen, welche wir in dem Verstand und der Moral

niederer Thiere wahrnehmen. Wir dürfen nicht die Wilden vergessen, oder die Affenmenschen (Mikrocephalen), noch die Stadien, welche der Fötus und das Kind des Menschen in ihrer geistigen Entwicklung durchlaufen. Und hier wieder begegnen wir dem Gesetz der Beziehung der Ontogenie zur Phylogenie. Wenn die Entwicklung des Individuums (Ontogenie) ein Auszug aus der Entwickelung der Art (Phylogenie) ist, so enthüllt uns das Studium der verhältnißmäßig raschen Entwicklung des Geistes des Kindes die Richtung, in welcher die weit langsamere Entwicklung des Geistes des Menschengeschlechts stattgefunden hat.

Jede Funktion des menschlichen Geistes treffen wir im Geist der niederen Thiere wieder. Die Grundlage aller geistigen Funktionen ist das Gefühl. Die fundamentalen Empfindungen sind die der Lust und des Schmerzes. Wir können sicherlich annehmen, daß Niemand auch den sehr tief stehenden Thieren die Fähigkeit der Empfindung von Lust und Schmerz absprechen wird. Der Schreck, eine extreme Form einer schmerzlichen Gemüthsbewegung, hat dieselbe Wirkung auf die niederen Thiere wie auf den Menschen. Die Zusammenziehung einiger Muskeln, das Schlaffwerden anderer, das Aufrichten des Haares, das Ausbrechen des Schweißes, die Veränderungen im Charakter der Ausscheidungen, sind alle beim Menschen und anderen Säugethieren dieselben.

In der englischen königlichen Akademie war vor einigen Jahren ein bemerkenswerthes Gemälde ausgestellt, welches von den Kritikern eifrigst besprochen wurde. Es stellte einen Ritter zu Pferde dar, der eben im Begriff ist, in eine Schlucht einzudringen, die anscheinend bezaubert ist. Sein Pferd und seine Hunde scheinen dem Einfluß des Uebernatürlichen zu unterliegen. Ihre Köpfe, ihre Körper, ihre Glieder zeigen

ihr Entsetzen. Nichts war trefflicher an dem Gemälde, als der Schein, daß die Stellungen und Muskelspannungen der niederen Thiere dieselben waren wie die des Reiters und Herrn, nur war bei jenen offen ausgesprochen, was bei diesem halb unterdrückt. Aber man sah auch jedem lebenden Wesen auf dem Gemälde an, daß ein Wort vom Reiter genügte, den Zauber zu brechen und in Pferd und Hunden sofort statt des Schreckens ihren früheren Muth die Oberhand gewinnen zu lassen.

Bösartigkeit ist eben so charakteristisch bei gewissen Individuen unter den niedrigeren Thieren, als bei gewissen Menschen, und dieser krankhafte Zustand des Gemüths ist, wie bei uns, gewöhnlich schlechter Behandlung geschuldet. Der Pavian, der seine Bosheit dadurch zeigte, daß er Schmutz nach einem vorübergehenden Offizier warf, war vorher von diesem beleidigt worden und bewies eine wohl überlegte Würdigung aller Umstände, wenn er zur Ausübung seiner Rache einen Sonntag und eine Stunde wählte, wo die elegante Welt vorüber spazierte.

Verstellung ist eine geistige Erscheinung, die keineswegs auf den Menschen beschränkt ist. Wir wollen die Fälle ganz außer Betracht lassen, in welchen Käfer, Krabben, Schlangen, Truthühner, Opossums, Elephanten, Füchse, Iltisse, Schakale, Ratten u. s. w. sich todt stellen. Ob in diesem Falle die Verstellung eine beabsichtigte oder das Resultat eines heftigen Schreckens ist, gehört bis jetzt noch zu den unentschiedenen Punkten. Jedoch in einer Reihe von Thierklassen, sogar von Thieren, die dem Menschen in der Organisation und Geistesfähigkeit sehr ferne stehen, finden wir Fälle wohl überlegter und absichtlicher Täuschungen, die einen hohen Grad geistiger Entwicklung voraussetzen. Die Fallthürspinne auf Neu-Seeland ersinnt und baut Nester

der täuschendsten Art. Eine Fallthürspinne z. B. machte ihr Nest in einem Stück Boden, in welchem durch Regentropfen kleine Löcher vertieft worden waren, und in einer Weise, daß ihr Nest nicht im Geringsten von einem der durch die Regentropfen verursachten Löcher zu unterscheiden war. An diesem Thierchen ist die höchste Form der Kunst, ars celare artem (die Kunst, die Kunst zu verbergen), wahrzunehmen, denn sehr häufig ist der Bau, welchen es aus Erde und Pflanzenstoffen errichtet, so künstlich, daß er anscheinend zufällig aussicht.

Bei den Fischen lenkt der Stichling die Aufmerksamkeit gefährlicher Feinde dadurch von seinem Neste ab, daß er sich den Anschein giebt, als verfolge er eine Beute, und sie dadurch aus dessen Nähe weglockt. Viele kleine Vögel, wie der Buchfink, oder größere, wie das Rebhuhn, das große Felsenhuhn Tibets, das gekräuselte Haselhuhn Nordamerikas, stellen sich lahm, um die Aufmerksamkeit von ihren Jungen oder Nestern abzulenken. Der Fuchs ist sprüchwörtlich wegen seiner Verstellungskunst. Bei der Verfolgung von Enten geht der Fuchs bis an den Kopf in das Wasser und diesen versteckt er hinter einem Baumzweige; auf diese Weise nähert er sich dann seiner Beute.

Weniger zweifelhafte Geisteseigenschaften sind ebenfalls im Thierreich augenscheinlich. Aufregung, Langeweile, Erstaunen und Neugierde sind Beispiele davon. Ebensowenig bedürfen solche Eigenschaften, wie Ehrgeiz und Großmuth, vieler Beweise. Wer je Gelegenheit gehabt, dem grausamen und barbarischen Sport der Hetzjagden zuzusehen, oder wer die Pferde bei einem Rennen beobachtet hat, wird sicherlich nicht an ihrem Ehrgeiz zweifeln. Wie eifrig auch die Jockeys (Reitknechte) sein mögen, den besten Anlauf zu erlangen und am ersten das Ziel zu erreichen (d. h. in den Fällen, wo sie

ehrlich handeln wollen), die Pferde, die sie reiten, sind nicht weniger eifrig. Jeder, der schon einmal den Versuch gemacht und einen Knochen einem Hunde vorgehalten, ohne daß dieser ihn erreichen konnte, wird dafür einstehen, daß die Gemüthsbewegung „Hoffnung" in diesen Thieren vorhanden ist. Dasselbe Thier bietet uns auch das beste Beispiel von Großmuth, wenn wir das Verhalten eines großen Hundes einem kleinen, ihn belästigenden Kläffer gegenüber betrachten.

Die Fähigkeit der Nachahmung, von welcher ein großer Theil des geistigen Wachsthums des Individuums abhängt, finden wir auch bei Thieren, die niedriger stehen als der Mensch, und wir können behaupten, daß die meisten Handlungen, die gewöhnlich als instinktive bezeichnet werden, zu einem großen Betrag von den Eltern den Jungen gelehrt wurden. Von den Habichten ist es z. B. bekannt, daß sie ihre Jungen lehren, andere Vögel anzugreifen, indem sie zuerst todte und später lebende Vögel zu diesem Unterrichtszweck benutzen. Gelegentlich führt diese Nachahmungsfähigkeit auch zur Ausübung von Handlungen, welche bei dem Thiere sonst nicht gewöhnlich sind. So waschen sich Hunde, die von Katzen groß gesäugt wurden, ihr Gesicht mit den Pfoten — sicherlich eine sehr unhündische Handlungsweise. Ein gutes Beispiel nicht nur der Fähigkeit der Nachahmung bei den Thieren, sondern auch jener Verschiedenheiten in ihrem Wesen, die von so großer Wichtigkeit für die Theorie der natürlichen Zuchtwahl sind, geben uns die Affen, welche von Menschen dressirt werden, um Kunststückchen zu machen. Darwin erzählt uns in seiner „Abstammung des Menschen" von einem Affenabrichter, welcher Affen aus dem Londoner zoologischen Garten zu kaufen pflegte. Dieser Mann zahlte gewöhnlich 100 Mark für jeden Affen; er erbot sich jedoch,

den doppelten Preis zu zahlen, wenn ihm gestattet würde, drei oder vier Affen für einige Tage auf Probe mit nach Hause zu nehmen, um einen auszuwählen. Nach den Gründen dieses Verlangens gefragt, erwiderte er, daß er in kurzer Zeit herausfinden könne, ob ein Affe ihm von Nutzen sein werde oder nicht. Ein Affe ohne Aufmerksamkeit und Ausdauer sei von geringem Werth. Wenn er leicht zerstreut und seine Aufmerksamkeit durch irgend eine geringe Bewegung oder einen Ton, etwa von einer Fliege an der Wand, abgelenkt würde, so sei nicht viel mit ihm zu machen.

Beweise für die Fähigkeit des Gedächtnisses bei den niederen Thieren zu geben, wäre überflüssig. Es sei jedoch daran erinnert, daß diese Fähigkeiten in einigen niederen Thieren besser entwickelt ist als beim Menschen. Die alten griechischen Poeten kannten dies sehr wohl in ihrer unbewußten Weise. Nach der Rückkehr des viel gereisten Odysseus nach Ithaka erkannten ihn die Männer, die einst seine Freunde gewesen, nicht. Wie er in Lumpen gehüllt an der Thür seines Hauses steht, machen die Freier der Penelope, seines treuen Weibes, ihn zum Zielpunkt ihres Scherzes und Spottes, nicht wissend, daß der einzige Mann, der jenen großen, so lange nicht gebrauchten Bogen zu spannen im Stande ist, wieder bei ihnen weilt. Aber sein alter und blinder Hund Argus erkennt in ihm seinen Herrn, wedelt ihm zu und stirbt vor Freude.

Darwin erzählt uns eine charakteristische Geschichte von seinem eigenen Hund. Es ist eine alltägliche Geschichte, wie sie Jeder, der einen Hund gehalten, erzählen könnte. Der Hund war mürrisch und unzugänglich gegen alle Fremden. Als Darwin nach einer Abwesenheit von mehr als fünf Jahren wieder nach Hause kam, wollte er das Gedächtniß seines Hundes auf die Probe stellen. Er ging zu dem Stall,

wo dieser war und rief ihn in der alten Weise. Der Hund erhob sich augenblicklich ohne das geringste Zeichen von Ueberraschung und gehorchte seinem Herrn so, als wenn dieser ihn erst vor einer halben Stunde verlassen hätte.

Viel weiter abwärts im Thierreich finden wir noch sehr deutliche Beweise des Gedächtnisses. Die Experimente Sir John Lubbock's beweisen endgültig, daß Gedächtniß wenigstens so weit abwärts im Thierreich, wie bei den Insekten, existirt.

Die Ameisen, die von dem Zoologen, Botaniker, Politiker und Bankier Lubbock zum Gegenstand seines speziellen Studiums gemacht worden sind, haben ein Gedächtniß, das sich über einen Zeitraum von mindestens vier Monaten erstreckt.

Wenden wir uns nun zu dem Gedächtniß des Menschen in den niederen Typen des menschlichen Geschlechts, so finden wir, daß unter den Individuen, deren geistige Organisation niedriger als der Durchschnitt ihrer Rasse, und unter den Rassen, deren geistige Organisation niedriger als der Durchschnitt des Geschlechts Homo (Mensch), das Gedächtniß sehr mangelhaft ist. Ueber diesen Punkt, in Bezug auf Individuen, kann Jeder Beispiele aus seiner eigenen Erfahrung liefern, die entweder als das Resultat der Vererbung sich zeigen oder als solche, die durch akute oder chronische Nervenstörungen hervorgerufen. Mit Bezug auf die Schwäche des Gedächtnisses bei verschiedenen Menschenracen kommen uns die Zeugnisse der Reisenden zu Hülfe. Bei vielen wilden Völkern ist diese geistige Funktion nicht so gut entwickelt als bei dem Pferde oder Hunde.

Die Fälle der Mikrocephalen gehören eher zur ersteren als zur letzteren Kategorie. Bei Keinem derselben war das Gedächtniß gut entwickelt. In den Fällen, die die größte Aufmerksamkeit in England erregten, wie die der Azteken, des Knaben Maximo und des Mädchens Bartola, sind die



Beweise der Mangelhaftigkeit des Gedächtnisses bekannt. Diese affenähnlichen Menschen konnten Jeden wiedererkennen, der zwei Tage hinter einander zu ihnen kam, oder höchstens einen Tag zwischen seinen Besuchen aussetzte. Ließ man jedoch zwei Tage oder mehr zwischen den Besuchen verstreichen, so war alle Erinnerung an das Gesicht und die Gestalt der Person ausgelöscht.

Man redet heutzutage viel über den „Altruismus". Derselbe lehrt uns, daß die Handlungen, Worte und Gedanken eines Menschen mehr auf das Wohl Anderer als auf das eigene, mehr auf das Wohl der Allgemeinheit als auf das irgend eines besonderen Individuums gerichtet sein sollen. Die Selbstaufopferung und das Arbeiten für Andere, das der Altruismus in sich schließt, werden für das besondere Vorrecht des Menschen gehalten. Wie unrichtig dies jedoch ist, weiß der Beobachter niederer Thiere nur zu gut. Beispiele des Besitzes der geistigen oder, wenn man will, moralischen Fähigkeiten, welche das Wort „Altruismus" in sich schließt, sind häufig nicht allein in Individuen, sondern auch in ganzen Arten und Ordnungen der niederen Thiere und keineswegs allein in den am höchsten stehenden.

Die Tugend gegenseitiger Liebe ist nicht eine menschliche Eigenschaft allein. In vielen nicht menschlichen Thieren ist sie viel stärker entwickelt als im Menschen selbst. Auf der anderen Seite finden wir, daß unter den Buschmännern Südafrikas und den Eingeborenen Australiens der Vater sein Kind gleich nach der Geburt eben so leicht tödtet wie am Leben läßt. Selbst die Mutter behandelt ihr Kind nicht besser als eine Kuh ihr Kalb, indem sie es in einem sehr frühen Alter schon für sich selbst sorgen läßt. So sind natürlich auch andererseits Liebe und Achtung der Kinder für ihre Eltern bei wilden Rassen fast ganz unbekannt.

Der Naturforscher Wood schreibt über die Buschmänner Südafrikas und die Eingeborenen Australiens: „Ich bezweifle sehr, daß sie je die geringste Idee gehabt, daß die Kinder eine Verpflichtung ihren Eltern gegenüber haben. Man sagt, daß es sogar der Ruhm eines nordamerikanischen Indianerknaben sei, so früh als möglich im Stande zu sein, seine Mutter zu verachten und seinem Vater trotzen zu können."

Die Liebe und Freundlichkeit der Eltern gegen ihre Jungen wird bei den Anthropoiden auf eine sehr menschliche Weise gezeigt. So beobachtete D. Rengger, daß der Rollschwanzaffe Paraguays nicht nur über seinem schlafenden Jungen wacht, sondern auch die Fliegen von dem Gesicht desselben verscheucht. Der Gibbon wäscht das Gesicht seiner Jungen. So eng ist häufig die Anhänglichkeit zwischen Eltern und Jungen, daß in vielen Fällen der Tod der Jungen von dem der Eltern gefolgt ist; sie können nicht den Verlust derselben überleben.

Oft werden auch Waisen, gerade wie bei den Menschen, von solchen Thieren adoptirt, die ohne eigene Nachkommenschaft sind. Gewöhnlich ist das adoptirte Junge von derselben Art wie die wohlthätigen Adoptiveltern; doch ist dies nicht immer der Fall. Junge Katzen sind schon sehr häufig die adoptirten Pflegekinder von Anthropoiden oder sogar von Pavianen gewesen. Ein weiblicher Pavian adoptirte nicht blos junge Affen, sondern stahl auch junge Hunde und Katzen, um sie herumzutragen. Ein so adoptirtes Kätzchen kratzte eines Tages aus Versehen seine Pflegemutter, worauf diese, ohne sich viel zu besinnen, die Krallen der jungen Katze abbiß. In Verbindung mit dieser Erzählung mag ein interessantes Beispiel der Art antidarwinianischer Kritik und der Sorgfalt Darwin's selbst gegeben werden. Die „Quarterly Review" vom Jahr 1871 bezweifelte diese

von Brehm mitgetheilte Geschichte, indem sie es für unmöglich erklärte, daß ein Pavian die Krallen einer jungen Katze abzubeißen vermöge. Der unermüdlich experimentirende Darwin machte sich sofort daran, den Versuch selbst zu machen. In seiner einfachen Weise erzählt er, daß es ihm gelang, mit seinen eigenen Zähnen die Krallen einer jungen Katze zu fassen.

Bevor ich zu einigen anderen Fällen übergehe, die als besondere Schwierigkeiten für den Evolutionär betrachtet werden, will ich noch zwei andere geistige Funktionen erwähnen, die allgemein zu den höchsten intellektuellen Prozessen gerechnet werden, nämlich Ueberlegung (Vernunft) und Einbildung. Welcher Unsinn ist nicht über Vernunft und Instinkt gesprochen worden! Vernunft war menschlich, Instinkt nicht. Alle geistigen Prozesse des Menschen wurden der Vernunft zugeschrieben; die der anderen Thiere dem Instinkt. Sogar heutzutage giebt es noch Viele, die an dieser gänzlich unhaltbaren Annahme festhalten, und Viele, welche glauben, daß die Vernunft sehr selten bei anderen Thieren als dem Menschen anzutreffen, und daß sie nirgends zu finden sei als in den höheren Thierklassen. Die ganze Frage über den Instinkt ist sehr komplizirt und interessant. Den Leser, welcher sich ausführlich über die Stellung der neuen Gedankenrichtung zu diesem Punkt informiren will, verweise ich auf das achte Kapitel in Darwin's „Abstammung der Arten". Da es mir hier mehr darauf ankommt, nachzuweisen, daß die Vernunft bei den niederen Thieren existirt, als die Natur des Instinkts zu betrachten, will ich nur einige schlagende Beweise anführen, die mit unzähligen anderen für die Richtigkeit dieser Ansicht sprechen. Diese sollen mit der Mangelhaftigkeit oder dem gänzlichen Mangel von Ueberlegungsfähigkeit bei gewissen Rassen oder bei gewissen Individuen des Menschengeschlechts verglichen werden.

Wir können sehr weit abwärts, bis zu den Klassen der wirbellosen Thiere gehen, ohne die Anzeichen von Vernunft gänzlich zu verlieren. Die Spinnen, Insekten, Krustenthiere, die Gliederthiere im Allgemeinen sind gut mit geistigen Fähigkeiten ausgestattet. Eine Spinne, die der Verfasser Dieses vor einiger Zeit in Portsmouth beobachtete, hatte ihr Netz an der unteren Seite einer Planke angebracht, die vom Ufer nach einem Schiffe gelegt worden war. Da sie jedoch fand, daß der Wind das Gewebe hin und her wehte, hatte sie diesem dadurch einen festeren Halt zu geben versucht, daß sie ein Kieselsteinchen an einem kleinen Seil von Fädchen befestigte und so einen vermehrten Zug nach unten und damit größere Widerstandsfähigkeit verschaffte. Es war dies sicherlich ein Vernunftschluß unter außergewöhnlichen Umständen und führte zu einem befriedigenden Resultat.

Darwin's Erzählung, die er über das Urtheilsvermögen einer Krabbe giebt, ist erwähnenswerth. Ein Naturforscher bemerkt, wie eine Krabbe in ihr Loch geht. Da er eben nichts zu thun hat, sieht er ihr zu und wirft einige Muschelschalen nach der Höhlung. Zwei oder drei verfehlen ihr Ziel und bleiben am Rande des Loches liegen. Endlich fällt eine der Schalen ins Loch und stört die Krabbe. Mit vieler Mühe und Arbeit bringt diese die Schale heraus und trägt sie eine Strecke weit vom Loch fort. Von diesem Ausflug zurückkehrend, sieht die Krabbe jedoch die anderen Muschelschalen am Rande des Loches liegen, welche hinabzufallen drohen. Sie hält inne, sinnt nach, überlegt und trägt schließlich die anderen Schalen eben so fort, wie sie die erste fortgeschafft hat.

Bei den Wirbelthieren ist die Thatsache, daß diese Thiere denken, viel augenscheinlicher. Ich will einige Fälle anführen, die weniger bekannt sein dürften. Mein Freund, Kapitän

Bingham, der keineswegs den Elephanten so hoch schätzt wie die gewöhnlichen naturgeschichtlichen Bücher, erzählt in einem Artikel über „Elephanten“ im Novemberheft des „Progreß“ vom Jahre 1883, wie ein Elephant unter der Leitung seines Führers in einem der Nebenflüsse des Thungyienflusses in Ostindien arbeitete. Die zu verrichtende Arbeit bestand in dem Wegräumen einer Masse von Baumstämmen, die sich an einer Stelle des angeschwollenen Stromes festgekeilt hatten. Während einer vollen halben Stunde ließ der Führer den Elephanten rückwärts und vorwärts und quer über den Strom arbeiten, jetzt den einen Klotz angreifen, dann einen anderen, jedoch stets vergebens. Während der ganzen Zeit beobachtete ich, daß der Elephant höchst ungern arbeitete; augenscheinlich wollte er andere Klötze in Angriff nehmen, als die ihm vom Führer angewiesenen. Nachdem ich eine Zeit lang diesem vergeblichen Bemühen, die festgerammten Holzklötze auseinander zu schieben, zugeschaut, fragte ich den Besitzer des Elephanten, der neben mir am Ufer stand, ob der Elephant an diese Arbeit gewöhnt sei. „O ja“, antwortete der Besitzer, „er hat mehrere Jahre lang mit Baumstämmen gearbeitet.“ — „Befiehl dem Treiber“, erwiderte ich, „den Elephanten allein arbeiten zu lassen, an welchen Stämmen er will.“ Der Besitzer lächelte, als ob er bezweifelte, daß etwas Nützliches dabei herauskommen könne, doch gab er dem Führer die gewünschte Anweisung, welcher denn auch aufhörte, den Elephanten zu lenken. Einige Minuten lang stand derselbe nachdenkend, dabei seinen Rüssel mit Wasser anfüllend und dies über seinen Rücken und seine Seiten gießend. Doch nachdem ihn sein Treiber sanft ermahnt, hörte er auf, sich zu erholen und ging auf einen besonderen Stamm zu, der in einem Winkel über die Masse der anderen herausragte, halb über und halb unter

dem Wasser. Er drückte seine Stoßzähne fest gegen diesen und stieß mit ganzer Kraft. Der Stamm bewegte sich, glitt und lockerte sich, und die ganze Masse festgerammelter Stämme schwamm nun den Strom hinab.

In diesem Falle hatte der Elephant besser überlegt als sein menschlicher Führer, und seine durch lange Erfahrung erworbene Kenntniß mit bestem Erfolge angewandt.

Ein anderer interessanter Beweis des Denkens seitens eines Elephanten, der zugleich ein einfaches physikalisches Problem löst, wird durch die Thatsache geliefert, daß ein Elephant, der einen kleinen Gegenstand in seinen Bereich bringen wollte, einen Luftstrom aus seinem Rüssel blies, der von der gegenüberliegenden Wand zurückprallte und den gewünschten Gegenstand mit sich fort in den Bereich des Elephanten führte. Das Resultat war erreicht als eine Folge des dem Menschen wohl bekannten Gesetzes, daß ein sich bewegender Körper, in diesem Falle die Luft, der an eine Fläche stößt, unter demselben Winkel von ihr zurückgestoßen wird, unter dem er auffällt. Daß ein Elephant mit einer solchen Thatsache vertraut sein sollte, war schwerlich zu erwarten.

Von einem Bären ist gleichfalls bekannt, daß er in ähnlicher wie der oben geschilderten Weise überlegte. Um ein außerhalb seines Bereichs im Wasser schwimmendes Stück Holz zu erlangen, verursachte er mit seinen Tatzen eine schwache Strömung nach sich hin, welche denn auch den gewünschten Gegenstand in seinen Bereich brachte.

Die Fälle, in denen Hunde überlegen, sind zahllos. Ein Fall, der von besonderem Interesse ist, weil die Ueberlegung ein gemeinsames Handeln mehrerer Individuen zur Folge hat, ist das Beispiel der Eskimohunde in der Polarregion. Gelangt eine Meute solcher Hunde auf schwaches Eis, so laufen sie aus einander und gelangen sicher hinüber, während



sie einbrechen würden, wenn sie in kompakter Masse darüber hinweggingen.

Die schlagendsten Beweise des Besitzes von Vernunft jedoch wurden uns, wie man erwarten kann, geliefert von Thieren, die in anderer Hinsicht dem Menschen am nächsten stehen, d. h. von den Anthropoiden. In Bezug auf die massenhaften Beispiele hierüber muß ich jedoch den Leser auf Rengger's „Naturgeschichte der Säugethiere von Paraguay“ und Brehm's „Reiseskizzen nach Nordost-Afrika“ und desselben „Illustrirtes Thierleben“ verweisen. Diese beiden Naturforscher bieten eine ungeheure Zahl von Thatsachen, die alle von derselben Bedeutung sind wie die drei, die ich hier geben kann.

Affen, denen zum ersten Male Eier gegeben wurden, zerbrachen diese natürlich sofort und ergossen den ganzen Inhalt über ihre Hände; hieraus zogen sie jedoch gleich eine Lehre. Bei der nächsten Gelegenheit bröckelten sie mit großer Sorgfalt das eine Ende der Schale ab und saugten das Ei aus, und dies thaten sie ohne jede menschliche Anleitung.

Werkzeuge, die ihnen gegeben und anfangs ungeschickt gehandhabt wurden, wobei sie sich manchen Schaden zufügten, wurden später mit der größten Sorgfalt und Sicherheit gehandhabt.

Endlich will ich noch eine Stelle aus Dr. Lindsay's „Das Geistesleben der niederen Thiere“ anführen, welche sich auf die allgemeinen Geisteskräfte des Schimpansen bezieht, während der Schlußtheil speziell Bezug auf die Denkfähigkeit dieses Affen hat: „Der Schimpanse zeigt in verschiedenartiger Weise ein menschliches oder zivilisirtes Benehmen. Sehr oft z. B. nimmt er seine Nahrung wie ein Mensch zu sich und handhabt Speisen wie Getränke in derselben Weise wie der Mensch. Er schenkt sich selbst Wein

ein, trinkt heißen Thee, wirft Zucker hinein, gießt ihn in eine Untertasse und wartet, bis er abgekühlt ist. Er ist ebenfalls zu einem häuslichen Diener und Gesellschafter des Menschen abgerichtet worden. Er lernte ferner auf einem Schiffe das Feuer im Backofen und in der Küche besorgen und die Temperatur reguliren."

Die Phantasie ist eine Geistesfähigkeit, die der Mensch in anmaßender Weise für sich allein beansprucht und seinen Verwandten verweigert. Wir können getrost fragen, wie viel Phantasie denn ein Mikrocephale oder ein Bewohner unserer verrufensten Stadtviertel oder selbst ein bürgerlicher Philister besitzt? Wir müssen jedoch als sicher annehmen, daß Thiere Phantasie haben. Die unnöthige Furcht, die gewisse Thiere unter gewissen Umständen zeigen, wie z. B. ein nervöses Pferd sich vor ganz harmlosen Gegenständen oder sogar einem Schatten scheut, ist ein Beweis der Phantasie dieser Thiere. Wenn Hunde des Nachts nicht den Mond, wie man gewöhnlich glaubt, sondern einen Punkt nahe am Horizont anbellen, so ist das ein weiteres Beispiel einer Handlung, die durch die Phantasie hervorgerufen wird. Der Mondschein und die Schatten haben augenscheinlich eine Wirkung auf Thiere, was nur dadurch verständlich wird daß man annimmt, daß ihre Phantasie im Spiel ist. Wir wissen jedoch auch, daß Hunde träumen; wie kann aber ein Thier träumen, ohne Phantasie zu besitzen?

Es giebt jedoch einige Punkte, die sich auf Geistesfunktionen und auf die Moral beziehen, über die dennoch einige Zweifel obwalten, sogar bei Solchen, die in den Hauptpunkten Evolutionäre sind.

1. Die Fähigkeit fortschreitender geistiger Entwicklung wurde als eine ausschließlich menschliche Eigenschaft angesehen.

Die Trapper Amerikas finden, daß die Thiere, auf deren Fang sie ausgehen, immer vorsichtiger werden und daß die Fallen, die sie anwendeten, und die Personen, die die Thiere jagten, nach einiger Zeit keine Aussicht auf Erfolg mehr hatten. Die Vögel in unzivilisirten Regionen der Erde, in welchen zum ersten Male Telegraphendrähte eingeführt werden, fliegen gewöhnlich gegen diese und stoßen sich an ihnen die Köpfe ein. Nach kurzer Zeit jedoch lernt die Rasse wie das Individuum sehr wohl die Drähte als gefahrbringend zu vermeiden. Die ganze Geschichte der Hundearten widerspricht der Anmaßung des Menschen. Die Errichtung von richtigen Schulen zur Erziehung von Brieftauben in Belgien und Deutschland, in Metz, Straßburg, Koblenz, Mainz und Berlin ist ein weiterer Beweis der Entwicklungsfähigkeit der niederen Thiere.

2. Der Gebrauch von Werkzeugen. Es ist oft gesagt worden, daß kein Thier ein Werkzeug brauche. Aber nichtmenschliche Thiere ziehen Wagen oder Kanonen, schichten Bauholz auf, passen Abzugsröhren an einander, wenden den Bratspieß und ziehen den Blasebalg. Ein Schimpanse konnte eine Thür oder ein Schubfach auf- und zuschließen, eine Nadel einfädeln, und gebrauchte Messer, Gabel, Löffel, Tasse und sogar eine Serviette mit demselben Anstand, wie ein menschliches Wesen. Es ist von Wichtigkeit, hierbei noch zu erwähnen, daß in diesem besonderen Fall der Gebrauch zivilisirter Geräthe keineswegs erzwungen war; das Thier zog es vor, sie anzuwenden, statt nach Affenmanier zu essen und zu trinken. Viel niedriger als der Mensch stehende Thiere brechen oft, sogar im wilden Zustand, Zweige von Bäumen ab, um sie zur Bekleidung oder als Fächer zu benutzen, oder, nachdem sie die Blätter von ihnen entfernt, als Spazierstöcke oder Waffen. Ein Affe lernte seine eigenen Kleider und Schuhe reinigen.

Die Geschichte des Menschengeschlechts selbst ist eine stufenweise Entwicklung der Herstellung und Anwendung von Werkzeugen. Wenn der Mensch besonders geschaffen wäre, so müßten wir doch erwarten, daß von Anfang an seine Werkzeuge einen gewissen Grad der Komplizirtheit gehabt hätten; wir finden jedoch die interessanteste Abstufung von der wunderbaren und komplizirten Maschinerie, wie sie heute von Menschen angewandt wird, bis hinunter zu einfachen Stöcken und Steinen. Die Eisenzeit folgte der Broncezeit, und diese der Steinzeit. Die Geräthe der Steinzeit selbst zeigen wiederum eine fortschreitende Entwicklung, so daß Geologen und Anthropologen das neolithische von dem paläolithischen Zeitalter unterscheiden. (Vom Griechischen νέος [neos] = neu; παλαιός [palaios] = alt; λίθος [lithos] = Stein.) Die neolithischen Steingeräthe sind besser, als die paläolithischen. Die einfachsten Formen paläolithischer Werkzeuge sind bloße Modifikationen natürlicher Gegenstände und bedurften zu ihrer Verfertigung nicht einen Funken größeren Scharfsinns oder Geschickes, als des von vielen tiefer als der Mensch stehenden Thieren gezeigten.

3. Der Gebrauch des Feuers. Von menschlichen Wesen, die ohne den Gebrauch des Feuers angetroffen werden, will ich nur die Bewohner der Mariannen-Inseln erwähnen, die Pigafetta 1521 ohne Feuer antraf. Die Eingeborenen Australiens gebrauchen nie warmes Wasser, und wenn der brennende Holzstab, den sie auf ihren Wanderungen stets mit sich tragen, ausgeht, müssen sie zu einem anderen Stamm gehen, um von diesem Feuer zu erhalten. Die Tasmanier sind ebenfalls nicht im Stande, Feuer anzufachen, sobald ihre Feuerstäbe durch einen Unfall ausgegangen sind.

Andererseits haben wir schon gezeigt, daß die Anthropoiden wenigstens die Fähigkeit besitzen, das Feuer zu hand-

haben und Oefen zu bedienen. So erzählt der bei Büchner zitirte De Grandpré von einem Schimpansen, der den Ofen heizte, keine Kohlen herausfallen ließ, und den Bäcker herbeiholte, sobald die Temperatur so hoch war, wie sie sein sollte.

4. **Kleidung.** Einige der thierähnlichen Völker gebrauchen niemals eine Kleidung. Die tasmanischen und australischen Eingeborenen, die Höhlenbewohner der Wick-Bay in der Grafschaft Caithneß (Schottland), welche Dr. Mitchell aus Edinburg in der Edinburger „Daily Review" vom 10. Februar 1877 beschrieb, und die Bewohner der Andamanischen Inseln sind ohne Kleidung. Die egyptischen Fellahs, die für die europäischen Geldleute arbeiten, könnten, wenn sie Shakespeare und die Bibel gelesen, Lancelot Gobbo (der Kaufmann von Venedig, 2. Akt, 2. Szene) und das erste Buch Mosis mit einer kleinen Aenderung zitiren: „Der alte Text ist zwischen unseren Herren und uns sehr gut vertheilt; wir sind nackt, und sie schämen sich dessen nicht." Von einem Pavian ist bekannt, daß er eine Strohmatte als Kopfbedeckung gebrauchte. Ein anderes Individuum derselben Art pflegte sich wie ein Kaffer in ein Schaffell zu hüllen. Nach dem „Graphic" vom 6. März 1873 pflegte ein weiblicher Orang-Utang im Jardin des Plantes zu Paris einen Ueberrock zu tragen, den sie prüde über ihre Füße herabzog, sobald Fremde in die Nähe kamen. Für den Forscher, dessen Vergnügen es ist, zu beobachten, wie menschliche Gewohnheiten weit unten im Thierreich zuerst auftreten, wird die Thatsache von Interesse sein, daß die Larve einer gewissen Fliegenart sich in die abgeworfenen Häute von Blattläusen kleidet, oder, wenn solche nicht vorhanden, in Stückchen Seide oder Papier.

5) **Wohnungen.** Von menschlichen Wesen, die kein Obdach haben, in dem sie wohnen, will ich die folgenden

Beispiele anführen. Die Buschmänner Süd-Afrikas haben weder Hütten noch sonstige Schutzmittel; sie leben in mit der Hand gegrabenen Löchern im Boden. Die Dokos in Abessinien haben gar keine bestimmte Wohnungen. Die Veddas auf Ceylon und die Buschzwerge der westlichen Ghâts in Indien sind in derselben Lage. Die Australier machen sich Wohnungen aus Zweigen für einen Tag, welche sie den nächsten Tag wieder verlassen. Die Tasmanier besitzen nicht einmal diesen temporären Schutz. — Der Orang-Utang in der östlichen Welt und der Schimpanse in Afrika bauen sich Gerüste, auf denen sie schlafen. Der Gorilla baut sich eine Hütte. Die Wahrscheinlichkeit, daß die unmittelbaren Vorfahren des Menschen auf Bäumen lebende Thiere waren, ist schon angedeutet worden. Die Thatsache, daß manche der niederen Menschenrassen in oder auf Bäumen wohnen, steht im Einklang hiermit. Die Affenmenschen Indiens und die Veddas auf Ceylon wohnen in hohlen Bäumen. Die Bukonen leben auf Gerüsten, die sie aus Zweigen auf Bäumen errichten, ganz nach der Art des Orang-Utangs und des Schimpansen.

6. Eigenthum. Sogar bei verhältnißmäßig niedrig organisirten Thieren ist die Idee des Eigenthums und die Anerkennung des Eigenthums eines Anderen zu finden. Der Affe, den Darwin erwähnt, der einen Stein zum Oeffnen seiner Nüsse gebraucht hatte, versteckte diesen in einer Ecke seines Käfigs und erlaubte keinem anderen Affen, ihn zu benutzen. Der Hund, der einen Knochen, und die Katze, die ihren besonderen Korb zum Schlafen besitzt, bieten uns ebenfalls Beispiele einer Eigenthumsidee dar. Bei den Insekten finden wir sogar eine Idee des gemeinsamen Eigenthumsbesitzes. Das bestbekannte Beispiel ist das der Ameisen, welche sich Blattläuse als Kühe halten, um den aus diesen

fließenden süßen Saft zu lecken. Käfer werden von Ameisen als Hausthiere gehalten wegen des Zuckerstoffes, den sie absondern; und in einigen Ameisennestern werden kleine, blinde Käfer und Kellerasseln gefunden, welche mit den klügeren und stärkeren Ameisen eben so zusammen leben, wie Katzen und Hunde mit dem Menschen.

7. Sprache. Die Vertreter der Schöpfungstheorie sprechen von der Sprache des Menschen als einer „artikulirten" und von der anderer Thiere als einer „unartikulirten". Ich kann jedoch keine befriedigendere Auslegung für dieses Wort „artikulirt" finden, als „dem Menschen verständlich", und dies ist eine rein erkünstelte Unterscheidung. Die Anhänger der Schöpfungstheorie machen jedoch nicht nur eine Unterscheidung, wo keine wirkliche Verschiedenheit ist, sondern ignoriren auch ganz die folgenden Thatsachen. Erstens: der Mensch wird ohne die Fähigkeit der Sprache geboren; zweitens: in manchen Fällen erlangt er diese Fähigkeit nie; drittens: von verschiedenen Thieren ist bekannt, daß sie die Ausdrucksweise, die artikulirte Sprache genannt wird, zu gebrauchen wissen, und daß sie dieselbe mit Absicht und einem klaren Verständniß der Bedeutung der gebrauchten Worte und ihres Einflusses auf ihre Umgebung anwenden; viertens: viele andere Thiere, denen man in der herkömmlichen Weise die Fähigkeit artikulirter Sprache nicht zugestehen will, besitzen nichtsdestoweniger die Keime dieser Fähigkeit. Es hat stumme Leute zu allen Zeiten und bei allen Völkern gegeben. Bei den Mikrocephalen oder Affenmenschen fehlt die artikulirte Sprache vollständig. Von den 42 Fällen dieses Rückschlags in den Typus der Vorfahren, die Vogt in seinen „Mémoires des Microcephales" verzeichnet, war auch nicht ein einziger Fall, in dem ein Mikrocephale Worte in solcher Weise verbinden konnte, daß er einen bestimmten Satz geäußert. Nur

von vier aus den 42 Mikrocephalen ist es bekannt, daß sie einzelne Worte überhaupt gesprochen.

Der Hund hat wenigstens fünf unterschiedene Töne in seiner Stimme. Der Rollschwanzaffe, an dem Rengger so viele Beobachtungen gemacht, hat sechs Töne. Die Hühner sollen zwölf haben. Der Gibbon, dessen wir schon früher Erwähnung gethan, hat eine ganze Oktave im Stimmumfang.

8. Die Gottesidee. Der beste Beweis gegen dieses letzte der menschlichen Privilegien ist in Sir John Lubbock's „Vorhistorischer Zeit" gegeben. Nicht nur haben wir in den dort gegebenen Beispielen Beweise dafür, daß ganze Völkerstämme ohne jeden Glauben oder eine Ahnung eines Gottes sind, sondern in vielen Fällen giebt es auch nichts Derartiges, was selbst die kühnste Phantasie Religion nennen könnte. Der Schluß, zu dem Lubbock gelangte, ist derselbe wie der, zu dem Alle, die diesen Gegenstand wirklich studirten, gelangt sind: „Es giebt keinen genügenden Grund, zu vermuthen, daß diese elenden Wesen überhaupt höher stehen als ihre Vorfahren, von denen sie abstammen."

rimaten.

. . . .	Madagaskar.
. . . .	Südafrika, Madagaskar.
. . . .	Südamerika.
rüllaffe)	Südamerika.
. . . .	Afrika.
. . . .	Ostasien, Malayischer Archipel.
. . . .	Westafrika.
. . . .	Borneo, Sumatra.
. . . .	Westafrika.
s (Papua)	Neu-Guinea.
tottus (Hottentot) . . .	Südafrika.
(Kaffer)	Südafrika.
(Neger)	Mittelafrika.
lis (Australier)	Australien.
sius (Malaye)	Malayischer Archipel, Südsee-Inseln.
lus (Mongole)	Nord- und Mittelasien.
us (Eskimo)	Polarregion.
anus (Indianer)	Amerika (Urbewohner).
rraneus — Xanthochroi (Lichthäutige)	Germanische Länder.
der) — Melanochroi (Dunkelhäutige)	Länder des Mittelländischen Meeres.

III.

Affe und Mensch.

Erstes Kapitel.

Einleitung und Klassifikation.

In der „Entwicklungs-Theorie“ wurden die allgemeinen Annahmen über die Entstehung der Arten organischer Wesen betrachtet. In der „Abstammung des Menschen“ wurden einige der Beweise gegeben, auf denen die Ueberzeugung beruht, daß das Menschengeschlecht sich aus einer niederen Form entwickelt hat. Die Aufgabe, die uns jetzt vorliegt, ist von einer spezielleren Natur. Meine Absicht geht dahin, eine Reihe von Thatsachen in Bezug auf den anatomischen Bau des Menschen und seiner Verwandten zu geben, welche sich sämmtlich auf die Frage über ihren Ursprung beziehen und zu der Schlußfolgerung führen, daß ihr Ursprung ein gemeinsamer.

Alle bisher beobachteten und berichteten Thatsachen führen beim Nachdenken darüber zu dem Schluß, daß die menschenähnlichen Affen und der Mensch aus einer Form entstanden sind, die zugleich die Elternform der Affen wie des Menschen war. Die Einzelheiten, die jetzt gegeben werden sollen, bestätigen das, was in der „Abstammung des Menschen“ festgestellt wurde: „Daß in jedem Punkt des Baues . . . . . . eine größere Verschiedenheit zwischen Mensch und Mensch als zwischen Mensch und Affe existirt, d. h. die Verschiedenheit zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Menschen mit Bezug auf irgend einen anatomischen . . . . . . Punkt ist größer als die zwischen dem niedrigsten Menschen und dem höchsten Affen.“ Wir dürfen beim Studium dieser Einzel-

heiten nicht vergessen, daß, wie schon früher gesagt, wir nicht den höchst entwickelten Menschen allein, sondern auch den niedersten zu betrachten haben.

Ueber einen Punkt möchte ich noch ein Wort der Warnung äußern; es richtet sich gegen die gefährliche Phrase der „Verbindungsglieder". Es liegt eine gewisse Gefahr in der Anwendung dieser Phrase mit Bezug auf den Menschen und seine Verwandten. Niedrige Typen des Menschengeschlechts, hohe Typen des Affengeschlechts, Mißgeburten wie die Affenmenschen (Mikrocephalen) sind keine Verbindungsglieder zwischen der Gattung Homo (Mensch) und den Gattungen Gorilla, Troglodytes (Schimpanse), Pithecus (Orang), Hylobates (Gibbon). Homo ist wahrscheinlicher Weise kein Resultat der Entwicklung aus irgend einer der heute bestehenden Formen; wohl aber haben der Mensch und die genannten Affen wahrscheinlich eine gemeinsame Ahnenreihe und einen gemeinsamen Vorfahren.

Der Plan dieser Kapitel ist der folgende: In dem übrigen Theil dieses ersten Kapitels wird so viel von der zoologischen Klassifikation gegeben werden, als zum Verständniß der anzuführenden Thatsachen nothwendig ist. Im zweiten Kapitel sollen die aufrechte Haltung, die Haarbedeckung, die Größe, die Zähne, Blutgefäße, Muskeln und Fortpflanzungsorgane betrachtet werden. Das dritte Kapitel wird ganz dem Skelett und das vierte dem Gehirn gewidmet sein.

Klassifikation.

Das Thierreich ist künstlich in gewisse Gruppen getheilt, die Unterreiche oder Stämme genannt werden. Von diesen ist es nur eine, die höchste, oder die der Wirbelthiere (Vertebrata), welche uns gegenwärtig beschäftigen wird. Diese Gruppe, bekannt als die der mit einer Wirbelsäule versehenen

Thiere, ist von anderen Stämmen durch charakteristische Eigenschaften getrennt, die in der Regel die Glieder derselben von anderen und niederen Gruppen unterscheiden. Man muß jedoch im Auge behalten, daß beim Darlegen dieser charakteristischen Eigenschaften der Zoologe sich ganz der willkürlichen Weise bewußt ist, womit er vorgeht, und daß bei den niederen Wirbelthieren wie bei den höheren Gliedern der Stämme, die unter dem Namen der Wirbellosen (Invertebrata) unterschiedslos zusammengefaßt sind, charakteristische Eigenschaften gefunden werden, die sofort die Unmöglichkeit einer Ziehung scharfer Abgrenzungslinien und daher einer sicheren und klaren Unterscheidung beweisen.

Die charakteristischen Eigenschaften des Stammes der Wirbelthiere sind die folgenden: 1. Der Besitz eines Knochengerüsts oder Skeletts, das durch den Rumpf in der Mittellinie durchgeht. 2. Die Theilung des Rumpfes durch dieses Skelett in eine kleinere Rückenseite und eine größere Bauchseite. 3. Die Lage des Zentraltheils des Nervensystems (Rückenmarks) in der kleineren Rückenseite, und die Lage des Verdauungskanals, des Athmungs- und Zirkulations-Apparats und anderer in der größeren Bauchseite. Die Rückenseite des Wirbelthierrumpfes heißt die neurale (*νεῦρον*, neuron = ein Nerv); die Bauchseite die enterische (*ἔντερον*, enteron = Eingeweide). 4. Gewisse Verdickungen oder Bogen an der vorderen Seitengegend des Embryokörpers, mit Spalten zwischen ihnen. Es sind dies die Kiemenbogen und -Spalten der Fische, welche beim Menschen durch die untere Kinnlade und den Hyoidknochen oder Zungenträger repräsentirt sind. (Siehe „Abstammung des Menschen", S. 84 u. 85.) 5. Der Besitz von nicht mehr als vier Gliedern. 6. Kinnladen, welche einen Theil der Kopfwände bilden, und Zähne, welche Verhärtungen der Schleimhaut des Verdauungskanals sind.

7. Ein vollständiges Blutsystem mit einem Herz, das mit Klappen versehen ist und mit einem Pfortadersystem, d. h. einer Anzahl Gefäße, welche das venöse oder sauerstoffarme dunkle Blut vom Darmkanal nicht sofort aus dem Haargefäßsystem nach dem Herzen führen, wie das beim venösen Blut des übrigen Körpers der Fall, sondern auf einem Umwege durch die Leber. Die Benennung „Pfortader" rührt von einer irrigen Ansicht her, die vor der Entdeckung der Speisesaftgefäße des Dünndarms durch Asellius im Jahre 1622 und ihrer Funktionen durch Pequet im Jahre 1649 ganz natürlich war. Ehe diese Gefäße als der Weg und die Mittel erkannt wurden, mittelst deren der flüssige Speisesaft (Chylus) — das Resultat der Nahrungsverdauung — vom Darm in das Blutsystem überführt wird, glaubte man, daß der Speisesaft durch die Pfortader gehe, welche so als eine Art Pforte für den Eintritt der verdauten Nahrung in das Blut diente. Eine Stelle in Bacon's „Essay of Empires", geschrieben im Jahre 1625, lautet: „Ihre Kaufleute sind die Pfortader; und wenn sie nicht prosperiren, mag ein Königreich gute Glieder, wird aber leere Adern haben und wenig nähren."

Der Stamm der Wirbelthiere ist in Gruppen getheilt, Klassen genannt. Von diesen ist die höchste die Klasse der Säugethiere (Mammalia, von mamma = Brust), so genannt, weil sie ihre Jungen säugen, oder roher bezeichnet als Vierfüßler. Die wichtigsten Abzeichen der Säugethiere sind die folgenden: 1. Haarbedeckung. 2. Ein Herz mit vier Kammern. 3. Einige der Blutkörperchen sind roth und ohne einen Kern oder festeren inneren Theil. 4. Die Aorta oder große Körper-Pulsader, welche das gereinigte arterielle Blut vom Herzen führt, um es durch den Körper zu vertheilen, und die einen ienzigen Bogen nach der linken Seite des Körpers bildet.

Bei den Reptilien findet man zwei Aortenbogen, einen auf jeder Seite; bei den Vögeln einen Aortenbogen, nach der rechten Seite des Körpers gehend. 6. Brustdrüsen.

Die Klasse der Säugethiere ist wieder künstlich in 13 Ordnungen getheilt; die höchste von diesen ist die Ordnung der Primates (Höchststehenden) oder Quadrumana (Vierhänder). Diese Ordnung ist von den anderen durch charakteristische Eigenschaften getrennt, von denen einige sich auf das Skelett, andere auf die Organe und Vorgänge der Fortpflanzung beziehen. Für unsern gegenwärtigen Zweck wird es genügend sein, zu sagen, daß die Primaten folgende Merkmale besitzen: 1. Ein Paar Schlüsselbeine, nicht zwei Paare, wie die Vögel oder niedersten Säugethiere. 2. Eine Placenta oder Mutterkuchen, ein gefäßreiches Organ, das, in der Gebärmutter befindlich, den Verkehr zwischen dem Blut der Mutter und dem der Leibesfrucht vor der Geburt vermittelt und so die Ernährung der letzteren bewirkt. 3. Das Vorhandensein von Schneide-, Eck- und Backenzähnen. 4. Die Decidua oder hinfällige Haut, eine eigenthümliche, schwammige Haut, welche sich zwischen dem mütterlichen und dem kindlichen Theil der Placenta bildet und vollständig nach der Geburt abgeht. 5. Die Placenta ist discoidal (scheibenförmig), nur an einem Punkt an den Embryo geheftet, nicht ihn gürtelförmig umgebend. 6. Die Säugedrüsen befinden sich an der Brust. 7. Die große Zehe mit einem flachen Nagel und der Fähigkeit, sich zu bewegen.

Somit sind unsere Affen, Menschenaffen und Menschen alle Glieder des Thierreichs, des Stamms der Wirbelthiere, der Klasse der Säugethiere, der Ordnung der Primaten. Zum besseren Verständniß des näheren Eingehens in die Klassifikation diene die dieser Abtheilung vorgeheftete Tafel, auf die man auch beim Weiterlesen immer Bezug nehmen möge.

Die Ordnung der Primates ist in drei Unter-Ordnungen getheilt: 1. Lemuridae, so genannt, weil sie den Fuchsaffen (Maki, lateinisch Lemur) auf Madagaskar einschließt. Diese Unter-Ordnung ist identisch mit der Säugethier-Ordnung von Häckel und Gegenbaur, welche als Prosimiae (pro = vor, simia = Affe) oder Halbaffen bekannt ist. 2. Simiadae (Affen und Menschenaffen). 3. Anthropidae (ἄνθρωπος [anthropos] = Mensch).

Die Unter-Ordnung Lemuridae oder Prosimiae (Halbaffen) hat zwei Abtheilungen: a) Cheiromyini, repräsentirt von dem Cheiromys (Fingerthier) der Madagaskischen Wälder. b) Lemurini, repräsentirt von dem Maki oder Fuchsaffen (Lemur).

Die Unter-Ordnung Simiadae hat drei Abtheilungen. a) Arctopithecini (ἄρκτος [arktos] = Bär, πίθηκος [pithecos] = Affe). Diese Familie ist repräsentirt von dem Seidenaffen, mehr einem Eichhörnchen ähnlich als einem Bären. b) Platyrrhinae (πλατύς [platys] = breit, ῥίς, ῥινός [rhis, rhinos] = Nase). Die Benennung rührt von der Breite der Nasenscheidewand her. Ungleich den Catarrhinae (Schmalnasen) und dem Menschen haben die Glieder dieser Gruppe ihre Nasenlöcher weit getrennt und ist die Nase daher breit und flach. Um etwaigen Fragen der Leser zuvorzukommen, will ich gleich hier bemerken, daß die Sternchen in der Tafel keine tiefere Bedeutung haben als diese: sie werden solchen Artnamen nachgestellt, welche nur beispielshalber angeführt werden und keineswegs die Zahl der Arten der Gattung erschöpfen. Die Familien Arctopithecini und Platyrrhinae enthalten z. B. viel mehr Gattungen als die drei des Beispiels wegen angeführten Arctopithecus, Ateles und Mycetes. Wo das Sternchen nicht beigesetzt, sind die beispielshalber angeführten Gattungen alle, die zu der betreffenden Familie

gehören. So erschöpfen z. B. die vier Namen, welche in der 6.—9. Zeile der Tafel gegeben, die Liste der menschenähnlichen Affen. c) Catarrhinae (κατά [kata] = [in Zusammensetzungen] abwärts). Der technische Name kommt von der Thatsache, daß, während die Scheidewand zwischen den zwei Nasenlöchern bei allen Gliedern dieser Gruppe schmal ist, die Nasenöffnungen abwärts, nach der Erde zu sehen, wie beim Menschen. Bei den Platyrrhinae stehen die Nasenöffnungen entweder auswärts oder aufwärts.

Diese dritte Familie, Catarrhinae, der zweiten Unter-Ordnung, Simiadae, der Ordnung Primates hat zwei Abtheilungen: 1. Cynomorpha (κύων, κυνός [kyon, kynos) = Hund, μορφή [morphe] = Form), vierfüßige hundeähnliche Affen, wie z. B. der Pavian. 2. Anthropomorpha, d. h. menschenähnliche Affen oder Anthropoiden. Hier sind zum ersten Mal alle Gattungen gegeben und ist dies auch nothwendig, denn wir sind jetzt nahezu beim Menschen und müssen die Namen seiner nächsten Verwandten völlig kennen. Sie sind der Gibbon, der Schimpanse, der Orang-Utang und der Gorilla. Sie sind so gut wie möglich in aufsteigender Ordnung. Es waltet kein Zweifel darüber ob, daß der Gibbon in die unterste Stufe auf der Liste und der Gorilla in die oberste Stufe gesetzt werden muß. Bei den übrigen Zwei ist es jedoch unbestimmt. In einigen Beziehungen ist der Orang-Utang, in anderen der Schimpanse der Höhere. Man wird hier bemerken, daß der Gorilla als eine besondere Gattung vom Schimpanse getrennt ist; einige Zoologen stellen diese beiden menschenähnlichen Affen in dieselbe Gattung.

Die Wichtigkeit eines klaren Verständnisses dieser menschenähnlichen Affen wird begriffen werden, wenn man die folgende Stelle aus Darwin's „Abstammung des Menschen" liest: „Es kann folglich kaum einem Zweifel unterliegen,

daß der Mensch ein Zweig des Affenstammes der alten Welt ist; und daß er von einem genealogischen Gesichtspunkt aus unter die Abtheilung der Catarrhinae klassifizirt werden muß." (Kap. 6.)

Die Unter-Ordnung Anthropidae enthält schließlich nach den heute gültigen Anschauungen nur eine Gattung, Homo (Mensch). Bei der Klassifikation der Glieder dieser Gattung folge ich dem Plane Häckel's („Ueber die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts"), auf dessen interessante Abhandlung ich den Leser wegen weiterer Einzelheiten verweise. Die Arten dieser sehr verschiedenartigen Gattung werden von Häckel in zwei Gruppen getheilt. Die Ulotrichi haben ihren Namen von *οὖλος* (ulos) = gekräuselt, und *θρίξ, τριχός* (thrix, trichos) = Haar. Das Haar ist kraus und wollig, die Haut von dunkler Farbe, der Schädel dolichocephalisch (langköpfig). Die Leiotrichi oder Lissotrichi haben ihren Namen von *λεῖος* (leios) = glatt, oder *λισσός* (lissos) = schlicht, glatt. Das Haar ist schlicht, die Haut von hellerer Farbe und die Schädel im Allgemeinen brachycephalisch (kurzköpfig).

In der ersten Gruppe haben wir vier Arten, deren Natur und Wohnsitze man leicht aus der Tafel ersehen wird. In der letzteren Gruppe haben wir sechs Arten. Nur die letzten drei bedürfen einer Erläuterung. Im Homo arcticus sehen wir die extremen Modifikationen des Menschen unter den extremen Zuständen der arktischen Umgebung. Der Homo americanus wird von Häckel für eine Abart vom Homo mongolus gehalten, während der Homo mediterraneus oder Kaukasier in gleicher Verwandtschaft zu Homo polynesius stehen soll. Die letzte der zehn Spezies ist wieder in eine xanthochroische und eine melanochroische Gruppe getrennt. *ξανθός* (xanthos) = gelb, *χρόα* (chroa) = Hautfarbe,

μέλας, μέλανος (melas, melanos) = schwarz. Die ersteren leben mehr im europäischen Binnenlande, die letzteren mehr an den Küsten des Mittelländischen Meeres.

Wenn wir bedenken, in welch auffallender Weise diese verschiedenen Abtheilungen der Gattung Homo differiren und wie viele verschiedene Abarten wieder jede dieser sogenannten Arten aufzuweisen hat, so sind wir wohl berechtigt, Zweifel zu hegen, ob die Annahme, der Mensch bilde nur eine einzige Gattung, richtig ist, selbst wenn man die Gattung nur als eine künstliche Gruppirung betrachtet. Wir können nicht umhin, zu glauben, daß hier die alte Mythe nicht ohne Wirkung auf Die gewesen ist, welche sich dieses Einflusses am wenigsten bewußt sind. Vielleicht wird mit dem Fortschreiten der wissenschaftlichen Erkenntniß und mit dem Verschwinden der Ansicht, daß das Menschengeschlecht einem einzigen Voreltern paar entstammt, auch die andere Ansicht verschwinden, daß die Abänderung, durch die sich der Mensch über den menschenähnlichen Affen erhob, nur zu einer Zeit und in einer Gegend vor sich ging, und der Mensch wird dann vielleicht fernerhin nicht mehr als eine einzige Gattung bildend betrachtet werden.

Indem ich nun die Thatsachen anführen will, die mit Bezug auf Affen, Menschenaffen und Menschen gegeben werden sollen, wird das Menschengeschlecht meistentheils als Ganzes betrachtet werden und die gegebenen Thatsachen werden denn auch für den Menschen im Allgemeinen gültig sein. In einigen speziellen Fällen wird sich jedoch die Unterscheidung der Körpermaße verschiedener Rassen als nützlich erweisen und dann auch auf sie eingegangen werden. Gegenwärtig ist das Gebiet der Messungen der menschlichen Körperverhältnisse beschränkt; doch die Resultate, die wir durch sie erlangt haben, lassen uns annehmen, daß, wenn diese Messungen

auf das ganze Menschengeschlecht ausgedehnt und alle Einzelheiten gründlich ausgearbeitet würden, die Schlußfolgerungen, zu denen wir geführt werden, noch mehr befestigt würden.

Wollte ich alle Autoritäten nennen, auf die ich mich wegen der jetzt anzuführenden Thatsachen beziehen muß, so würde die Liste fast die ganze Reihe der Schriftsteller über vergleichende Anatomie in den letzten Jahren umfassen. Drei Namen jedoch erheischen besondere Erwähnung: Gegenbaur, Huxley, Flower.

Zweites Kapitel.

Allgemeine Thatsachen.

Bevor wir unsere Aufmerksamkeit auf den besonderen Beweis wenden, den uns das Skelett und das Gehirn gewähren, wollen wir hier eine Anzahl allgemeiner Beweise betrachten. Sie sind unter die folgenden Ueberschriften vertheilt: Haltung, Haarbedeckung, Größe, Zähne, Blutgefäße, Muskeln, Fortpflanzungsorgane. Der Leser möge beim Lesen der nachfolgenden Seiten die Tafel über die Klassifikation der Primaten im Auge behalten.

1. Haltung. Die aufrechte Haltung des Menschen wurde und wird noch von Unwissenden als ein Beweis der besonderen Erschaffung des Menschen angeführt. Aber diese Idee wird schon hinfällig, wenn wir den Menschen aufmerksam erforschen, ohne auf die Affen Bezug zu nehmen. Denn das Kind, dessen Leben immer eine kurzgefaßte Wiederholung der Entwicklung der Art ist, geht anfangs nicht aufrecht. Es kriecht nach Art der niederen Thiere auf allen Vieren. Und ferner, bei den Mikrocephalen oder Affenmenschen finden wir hier wie in allen anderen Punkten wieder einen Rückschlag. Als Kinder lernen sie erst einige Jahre nach der gewöhnlichen Zeit aufrecht gehen; als Erwachsene bewegen sie sich häufig auf allen Vieren, und scheinen dies sogar in vielen Fällen der beim Menschen gewöhnlichen Art der Fortbewegung vorzuziehen.

Wir wollen jedoch, dem speziellen Plane dieser Kapitel folgend, die gewöhnliche und gelegentliche Haltung des Körpers

in der Ordnung der Primaten betrachten. Die Lemuridae oder Halbaffen sind Vierfüßler während ihres ganzen Lebens; sie gehen niemals aufrecht. Bei den Simiadae oder Affen, als eine Unter-Ordnung betrachtet, ist die Längenachse des Körpers bei den niederen Formen horizontal. Bei denen, die etwas höher stehen, nimmt sie eine geneigte Richtung an; der Winkel, den sie mit dem Boden bildet, erhöht sich allmälig, bis er in den höchsten Formen bei gewöhnlicher Haltung fast 90 Grad erreicht und mitunter thatsächlich einen rechten Winkel zum Boden bildet; d. h. die Längenachse des Körpers nähert sich der senkrechten Lage und erreicht diese gelegentlich völlig.

Diese allgemeine Konstatirung mit Bezug auf die Simiadae möge noch durch einige Anmerkungen über einige besondere Affen und Menschenaffen, die zu dieser Gruppe gehören, ergänzt werden. Der Seidenaffe geht gewohnheitsmäßig auf allen vier Füßen. Die breitnasigen Affen (Platyrrhinae) gehen ebenfalls meist auf allen Vieren, jedoch wenigstens einer derselben, der Klammeraffe, erhebt sich gelegentlich zu einer aufrechten Haltung. Die Cynomorpha oder Paviane gehen sehr häufig auf ihren Hinterfüßen; und die Anthropomorpha oder menschenähnlichen Affen sind halb aufrecht, wenn sie sich von Ort zu Ort bewegen. Wir müssen ebenfalls nicht vergessen, daß die beliebteste Ruhestellung einiger Menschenaffen, namentlich des Schimpanse, das Vorwärtslehnen und Ruhen auf den Knöcheln der Hand, gleichfalls die Stellung ist, welche die Mikrocephalen annehmen, wenn sie sich in Ruhe befinden. Margareth Mähler, eine Mikrocephalin, ist in dieser Stellung photographirt worden. Sollte der Leser das Experiment versuchen, wie ich es soeben gethan habe, auf dem Boden zu kriechen und den Schwerpunkt des Körpers etwas nach vorn hin zu verlegen, so wird er sicherlich finden, wie ich es that,

daß die Finger unbewußt gebeugt werden, und er eher auf den Knöcheln der Hand als auf den Fingerspitzen ruht. Natürlich ist es am besten, das Experiment mit Jemand zu versuchen, der von dem Zweck desselben nicht unterrichtet ist.

In dieser ersten Untersuchung bemerke man die Aufeinanderfolge in den Eigenthümlichkeiten der Haltung: Es bewegen sich auf den vier Gliedmaßen immer die Halbaffen, gewöhnlich der Klammeraffe, in der Regel der Pavian, häufig der Schimpanse, nur in Ausnahmsfällen der Mensch.

2. Haarbedeckung. Ueber dieses Thema war im Allgemeinen schon einiges auf Seite 79 und 80 der „Abstammung des Menschen" gesagt. In dieser Verbindung will ich nur einige Worte über die Uebergangs-Veränderungen sagen. Die Halbaffen haben eine Bedeckung, die nicht ein schlichtes Haarkleid genannt werden kann, sondern vielmehr ein Pelz. Dies ist ebenfalls richtig mit Bezug auf den Seidenaffen und die breitnasigen Affen der Neuen Welt (Platyrrhinae). Bei den Cynomorpha (hundsähnlichen Affen) und Anthropomorpha (Menschenaffen) ist der Pelz durch eine glatte Haarbedeckung ersetzt, welche wiederum, sogar in diesen Gruppen selbst, zu verschwinden beginnt und schließlich beim Menschen in kaum bemerkenswerther Menge auf gewisse Theile des Körpers beschränkt ist. So begegnen wir bei den hundsähnlichen Affen zum ersten Male jene kahlen Körperstellen, welche unter dem Namen „Schwielen" bekannt sind. Es ist wahr, daß diese Schwielen durch ihre Lage und Lebhaftigkeit der Farbe ein bemerkenswerthes Aussehen darbieten, und durch ihre Anziehung auf das andere Geschlecht ein Moment in der geschlechtlichen Zuchtwahl spielen. Für unsern gegenwärtigen Zweck liegt ihr Hauptinteresse jedoch in der Thatsache, daß sie Körpertheile sind, von denen die Haarbedeckung verschwunden ist. Das allgemeine Prinzip

des Verschwindens der Haarbedeckung ist da zur Geltung gekommen. Beim Gibbon, dem niedersten der Menschenaffen, ist das Prinzip in derselben speziellen Weise durchgeführt wie bei den hundsähnlichen Affen; er hat ebenfalls Gesäßschwielen. Bei den übrigen Menschenaffen verschwinden jedoch die Haare auch von anderen Körpertheilen. So sind bei dem Schimpansen, Orang-Utang und Gorilla die Hände, Füße und das Gesicht kahl. Beim Menschen hat sich dieser Prozeß des Haarverschwindens mehr oder weniger vollständig von den Händen auf die Arme, von den Füßen auf die Beine, von dem Gesicht auf den Hals, und von allen diesen auf den Rumpf ausgedehnt.

3. Größe. Schritt für Schritt mit der Annahme der aufrechten Haltung schreitet die Zunahme in der Länge oder Größe der Vierhänder fort. Die Halbaffen, der Seidenaffe, der Klammeraffe sind nicht länger als drei Fuß. Die Cynomorpha erreichen eine Länge, oder, wie man hier schon sagen kann, eine Höhe von ungefähr vier Fuß. Bei dem niedrigsten der Menschenaffen scheint ein Rückschlag stattzufinden. Der Gibbon ist gewöhnlich 3 Fuß hoch. Nach dieser Gattung ist der Größenübergang jedoch interessant. Die durchschnittliche Höhe des Orang-Utang ist ungefähr 4 Fuß 6 Zoll, die des Schimpansen 5 Fuß, die des Gorilla von 5 Fuß bis 5 Fuß 6 Zoll; bei den höheren Menschenrassen von 5½ bis 6 Fuß.

4. Die Zähne. Wegen allgemeiner Thatsachen hierüber verweise ich den Leser wiederum auf Seite 86 und 87 der „Abstammung des Menschen". Die besonderen Thatsachen mit Bezug auf die Zähne sollen jetzt gegeben werden und werden sich größtentheils auf die Zahl derselben beziehen. Um diese Thatsachen zu verstehen, ist es nöthig, den Leser an die Natur und Zahl der Zähne beim Menschen zu erinnern.

Man betrachte nur eine Kinnlade — sagen wir die obere. Ihr Genosse — also in unserem Fall die untere — ist fast ihr identisches Gegenstück. Beginnen wir in der Mittellinie, gerade unter und zwischen den zwei Nasenlöchern, und zählen nach einer Seite — z. B. der rechten — so finden wir 1. zwei meißelförmige Zähne, welche uns beim Zerschneiden der Nahrung sehr nützlich sind und daher Schneidezähne genannt werden; 2. einen scharfgespitzten Zahn, der sehr nutzlos für den zivilisirten Menschen ist, jedoch von einem Typus, wie er viel häufiger bei den fleischfressenden Thieren angetroffen wird, er wird deshalb Hundszahn (meist Eckzahn) genannt; 3. zwei massivere Zähne (ich spreche immer von dem Gebiß eines Erwachsenen), deren freie Theile oder Kronen zwei Vorsprünge oder Spitzen haben, die zweihöckerigen Backenzähne; 4. drei noch massivere Zähne, jeder mit vier oder fünf Spitzen, die Mahl- oder Stockzähne, welche die Nahrung ebenso zermalmen wie Mühlsteine das Getreide. Die zwei Zähne in der dritten Abtheilung werden auch die vorderen Mahlzähne genannt, da sie ebenfalls an der Zermalmung der Nahrung theilnehmen.

Wir haben daher in jeder Hälfte einer Kinnlade 8 Zähne, zusammen 32. Es wird viel Zeit ersparen, wenn der Leser sich die einfache Zahnformel des Menschen merken will; er wird dann leicht im Stande sein, beim Lesen der Zahnformeln anderer Primaten die durch sie dargestellten Thatsachen zu vergleichen. Wir bezeichnen die Schneidezähne mit s, die Eckzähne mit e, die vorderen Mahlzähne mit vm, die Mahlzähne mit m. Die folgende ist die Zahnformel eines erwachsenen Menschen:

$$s\,\frac{2-2}{2-2}\;e\,\frac{1-1}{1-1}\;vm\,\frac{2-2}{2-2}\;m\,\frac{3-3}{3-3}.$$

Die Zahlen über der horizontalen Linie geben die Zähne in der oberen Kinnlade, die unter derselben die Zähne in der unteren Kinnlade an. Die Zahlen rechts und links von den Gedankenstrichen in jeder Linie zeigen die Zahl der Zähne in jeder Hälfte der entsprechenden Kinnlade an.

Bei den Lemuridae differirt die Zahnformel in den zwei Abtheilungen. Bei den Cheiromyini, der niederen der beiden Familien, ist sie wie folgt:

$$s \frac{1 - 1}{1 - 1} \; e \frac{0}{0} \; vm \text{ und } m \frac{4 - 4}{4 - 4}$$

Wir finden hier also nur einen Schneidezahn auf jeder Seite der Kinnlade, gar keinen Eckzahn, dagegen vier Backenzähne auf jeder Seite oben und unten. Diese Anordnung der Zähne ist unähnlich der aller anderen Glieder der Ordnung der Primates, dagegen der der Nagethiere sehr ähnlich. Ueberdies fahren die Schneidezähne fort, zu wachsen, nachdem sie einmal gebildet sind und werden nur durch die Abnutzung der oberen gegen die unteren in ihrer normalen Länge erhalten. Und dies ist genau dasselbe, was sich bei den Nagethieren ereignet.

In der höheren Abtheilung Lemurini der Unter-Ordnung Lemuridae ist die normale Formel:

$$s \frac{2 - 2}{2 - 2} \; e \frac{1 - 1}{1 - 1} \; vm \frac{3 - 3}{3 - 3} \; m \frac{2 - 2}{2 - 2}$$

$$\text{oder } m \frac{3 - 3}{3 - 3}$$

Der Evolutionär wird nicht erstaunt sein, zu hören, daß in zwei Gattungen dieser Gruppe die Schneidezähne $\frac{2 - 2}{1 - 1}$

sind, und daß in einer derselben die äußeren Schneidezähne, rechts und links, in der oberen Kinnlade sehr bald ausfallen und dann die Formel $\frac{1 - 1}{1 - 1}$ lassen. Hier haben wir ein gutes Beispiel der Abstufung. Cheiromys hat $\frac{1 - 1}{1 - 1}$; Tarsius (zu den Lemurini gehörig) später $\frac{1 - 1}{1 - 1}$, zuerst $\frac{2 - 2}{1 - 1}$; Lichanotus (zu den Lemuridae gehörig) immer $\frac{2 - 2}{1 - 1}$; die übrigen Glieder dieser Abtheilung $\frac{2 - 2}{2 - 2}$.

Wenden wir uns nun zu den Simiadae; der Seidenaffe hat:

$$s \frac{2 - 2}{2 - 2} \quad e \frac{1 - 1}{1 - 1} \quad vm \frac{3 - 3}{3 - 3} \quad m \frac{2 - 2}{2 - 2}$$

Die Zahl der Zähne ist hier dieselbe wie beim Menschen, aber in ihrer Anordnung waltet eine kleine Verschiedenheit ob. Die Arctopithecini haben einen vorderen Backenzahn mehr und einen Stockzahn weniger, als die Anthropidae.

Die Platyrrhinae der neuen Welt haben 36 Zähne, oder 4 mehr als wir haben. Die Verschiedenheit ist in den vorderen Mahlzähnen, welche stets die variabelsten Zähne sind. Die Formel zeigt:

$$s \frac{2 - 2}{2 - 2} \quad e \frac{1 - 1}{1 - 1} \quad vm \frac{3 - 3}{3 - 3} \quad m \frac{3 - 3}{3 - 3}$$

Die Catarrhinae, theils hundsähnliche, theils menschenähnliche Affen, haben eine Anordnung der Zähne, welche, soweit es die Zahl angeht, mit der unsrigen übereinstimmend ist. Ihre Formel ist:

$$s\frac{2-2}{2-2}\ e\ \frac{1-1}{1-1}\ vm\ \frac{2-2}{2-2}\ m\ \frac{3-3}{3-3}$$

Dies ist nur einer der vielen Gründe, welche Darwin bewogen, die Seite 159 zitirte Stelle zu schreiben.

Zwei andere Punkte müssen noch mit Bezug auf die Zähne betrachtet werden. Einer ist die An- oder Abwesenheit der Zahnlücken. Bei den Lemurini findet man eine Lücke zwischen den zwei Schneidezähnen auf der rechten und den zwei auf der linken Seite des Oberkiefers, d. h. gerade in der Mittellinie. Die Cynomorpha haben eine Lücke in jeder Kinnlade; in der oberen zwischen dem äußeren Mahl- und dem Eckzahn, in der untern zwischen dem Eck- und ersten vorderen Mahlzahn. Eine solche Lücke findet sich auch bei den Anthropomorpha; bei dem weiblichen Schimpansen ist dieselbe jedoch beinahe geschlossen, fast ebenso wie beim Menschen, obgleich es gebräuchlich ist, zu sagen, daß bei diesem eine Zahnlücke im normalen Zustande nicht existirt.

Die letzte Bemerkung unter dieser Rubrik bezieht sich auf die relative Größe der Schneidezähne. Bei uns sind die zwei Schneidezähne des Oberkiefers, welche näher der Mittellinie liegen, größer, als die äußeren rechts und links. Im Unterkiefer herrscht das Umgekehrte vor und die inneren Schneidezähne sind kleiner als die äußeren. Genau dieselbe Eigenthümlichkeit der Anordnung findet man bei den Schneidezähnen der oberen und unteren Kinnlade der Menschenaffen.

5. Blutgefäße. Eine ganze Geschichte könnte über die Vertheilung der wichtigsten Gefäße des Blutsystems im Menschen und seinen Verwandten geschrieben werden, und ihre Einzelheiten würden unzählige interessante Abstufungen von der niedersten Form der Primates bis zu der höchsten



aufweisen. Nur ein Punkt jedoch, mehr als ein Beispiel denn als ein Typus, soll hier gegeben werden.

Das große Blutgefäß, welches das gute Blut von der linken Seite des Herzens zur Vertheilung in den Körper führt, ist bekannt als die Aorta. (Vergleiche für das Folgende die Abbildung Figur 8, S. 122, in der „Abstammung des Menschen".) Sie macht bei allen Säugethieren in normalem Zustande eine Biegung nach der linken Seite, ehe sie die Mittellinie und den hinteren Theil der Körperhöhle erreicht. Von diesem gebogenen Theil, dem Aortenbogen, zweigen die Arterien ab, welche das gute Blut nach den oberen Gliedmaßen, sowie dem Kopf und Hals befördern. Es giebt im Ganzen vier solcher Arterien, 1. zwei Schlüsselbeinarterien, (g und d auf der genannten Figur 8), welche das Blut nach dem rechten und linken Arm führen; 2. zwei Kopfschlagadern (b und c), welche nach dem Hals und Kopf gehen. Beim Menschen entspringen diese vier Gefäße von dem Aortenbogen als drei, von denen eins sich jedoch fast sofort wieder in zwei theilt. Wo die Aorta sich nach der linken Seite abbiegt, zweigt sie also zuerst nach der rechten Seite hin die namenlose Arterie (arteria innominata) ab, welche sich unmittelbar darauf in die rechte Kopfschlagader (b) und die rechte Schlüsselbeinschlagader (g) theilt. Weiter zweigen aus dem Aortenbogen die linke Kopfschlagader (c) und endlich die linke Schlüsselbeinarterie (d) ab.

Bei den hundsähnlichen Affen und beim Gibbon, dem niedersten Menschenaffen, sehen wir eine andere Anordnung. Bei diesen Affen entspringen dem Aortenbogen nur zwei Arterien, deren eine sich jedoch unmittelbar nach der Abzweigung wieder in drei Arterien theilt. Die einzelne Arterie befindet sich am weitesten nach der linken Seite und bildet die linke Schlüsselbeinarterie. Die namenlose Arterie theilt sich bei

diesen Thieren von links nach rechts in die linke, dann in die rechte Kopfschlagader, und endlich in die rechte Schlüsselbeinarterie.

Wenn wir bei den Menschenaffen aufwärts steigen, so finden wir, daß, wie schon erwähnt, der Gibbon die Anordnung einer Schlüsselbeinarterie und einer namenlosen Arterie hat; die Gattung Pithecus (Orang) hat in einigen Arten dieselbe Gruppirung, in anderen jedoch einen Aortenbogen mit derselben Stellung der Blutgefäße wie beim Menschen, d. h. drei aus dem Bogen abzweigenden. Die Schimpanse- und Gorilla-Gruppen zeigen bei allen ihren Gliedern dieselbe Anordnung wie der Mensch. Hier wieder sehen wir eine Verschiedenheit zwischen Affen und Affen, aber keine zwischen Affen und Menschen.

6. Muskeln. Einige allgemeine Thatsachen unter dieser Rubrik waren unter den anatomischen Thatsachen in der „Abstammung des Menschen", Seite 92, gegeben. Da das vorliegende Schriftchen mehr in's Detail gehen will, sollen noch einige Einzelheiten hinzugefügt werden.

Zuerst mit Bezug auf die Schwanzmuskeln. Alle Primaten bis zu den Cynomorpha haben Schwänze und sind mit Schwanzmuskeln wohl versehen. Bei den letzteren finden wir jedoch schon eine Gattung, Inuus (Magot), welche ohne Schwanz, jedoch noch mit Schwanzmuskeln versehen ist. Bei den menschenähnlichen Affen fehlt nicht nur der Schwanz, sondern in vielen Fällen fehlen auch die Schwanzmuskeln, gerade wie beim Menschen. Jedoch, wie um jeden Irrthum auszuschließen, finden wir in einigen der schwanzlosen Affen die Schwanzmuskeln in einem sehr rudimentären Zustand vor.

Wenden wir uns nun kurz zu dem halben Dutzend zweifelhafter oder variabler Muskeln. Ich sagte früher, daß drei oder vier Muskeln im Gibbon, Orang, Schimpanse und

Gorilla angetroffen werden, die gewöhnlich nicht im Menschen zu finden sind. Diese sind: 1. der levator claviculae (Heber des kleinen Schlüsselbeins), ein Muskel, welcher zur Schultergegend gehört; 2. dorso-epi-trochlearis oder accessorius tricipitis, ein schmaler Muskel, welcher von dem latissimus dorsi (breiten Rückenmuskel) nach dem triceps (dreiköpfigen) Muskel, am hinteren Theile des Oberarmes, läuft; 3. der scansorius (Klettermuskel); 4. der abductor ossis metacarpi quinti digiti (Auswärtszieher des Mittelhandknochens des kleinen Fingers). Von diesen Muskeln ist der dritte beim Gorilla nicht gefunden worden und fehlt auch einigen Schimpansen, während alle vier gelegentlich im Menschen vorhanden sind.

Der Mensch hat ferner zwei Muskeln, welche den Menschenaffen fehlen: 1. Extensor primi internodii pollicis (Strecker des ersten Gliedes des Daumens); 2. peronaeus tertius (dritter Muskel des Wadenbeines). Jedoch der erste existirt nach Aussage vieler Anatomen beim Schimpansen und fehlt manchmal im Menschen, während der zweite im Menschen sogar häufig fehlt.

Um etwas Licht auf den wechselnden Charakter der Anordnung der Muskeln zu werfen, sogar bei sehr engverwandten Thieren, will ich nur anführen, daß der Gibbon einen eigenthümlichen Muskel besitzt, der sich bei keiner anderen Gattung findet. Der abductor tertii internodii secundi digiti (Auswärtszieher des dritten Gliedes des Zeigefingers) ist bis jetzt in keinem anderen Säugethier gefunden worden. Der Orang ist gleichfalls der einzige Besitzer eines opponens hallucis, eines Muskels, welcher ihn befähigt, die große Zehe den übrigen Zehen ebenso gegenüber zu stellen, wie der Daumen den übrigen Fingern gegenüber gestellt werden kann.

Als ein letzter Beitrag zu diesem raschen Blick auf die

Muskeln der Primaten mag noch erwähnt werden, daß beim Klammeraffen, dessen Daumen rudimentär ist und keine Bewegungen ausführt, nur vier von den fünf Muskeln anwesend sind, welche in anderen Gliedern dieser Ordnung dazu dienen, den Daumen zu bewegen.

7. Fortpflanzungsorgane. Man wird leicht begreifen, daß in einem kurzen populären Werk keine erschöpfende Darlegung der Einzelheiten geboten werden kann. Um diese Details allgemein verständlich zu machen, müßten ebenfalls alle einschlägigen anatomischen Einzelheiten gegeben werden. Ich selbst bin der Ansicht, daß sie gegeben werden sollten, und würde meinerseits nicht zögern, sie ebenso zu beschreiben, wie das Skelett und die Knochen; sie würden jedoch viel mehr Raum einnehmen, als uns zur Verfügung steht, und die erlangten Resultate würden die Mühe kaum lohnen. Wir können daher lieber sofort konstatiren, daß in allen anatomischen Punkten der Bau der Fortpflanzungsorgane des Menschen und seiner Verwandten thatsächlich identisch ist.

Nur zwei Bemerkungen zum Schluß dieses Kapitels. Erstens über die Lage der Milch liefernden Drüsen. Beim Menschen und bei fast allen übrigen Primaten haben wir zwei Säugedrüsen und diese an der Brust. Sie haben eine pektorale Lage (pectus = Brust), wie die vergleichenden Anatomen sagen. Bei den niedersten Gliedern der Ordnung jedoch, d. h. bei den Lemuridae, finden wir in einigen Fällen, im Zusatz zu den zwei pektoralen, zwei oder mehrere Paar Säugedrüsen an dem Unterleibe, in derselben Weise, wie wir dies bei dem Hunde sehen.

Endlich haben von den Cynomorpha aufwärts die weiblichen Primaten in regelmäßigen Zwischenräumen (die bei den Menschenaffen sich sehr den Mondperioden nähern, wenn

sie nicht mit ihnen völlig zusammenfallen), einen Zustand der Geschlechtsorgane durchzumachen, der in keiner wesentlichen Eigenthümlichkeit von der periodischen Heimsuchung verschieden ist, der das erwachsene menschliche Weib unterliegt, wenn es nicht befruchtet ist.

Drittes Kapitel.

Das Skelett.

Mit dem Wort Skelett bezeichnen die vergleichenden Anatomen die harten, schützenden oder tragenden Theile des thierischen Organismus. So sind z. B. der harte äußere Theil des Körpers eines Krebses, oder die zwei Hälften der Schale einer Auster, oder die einzelne Schale einer Schnecke genau genommen Skelette. Alle Wirbelthiere im gewöhnlichen Sinne des Wortes besitzen solche harte Theile, äußerlich wie innerlich. Bei den Säugethieren haben wir ein äußeres oder Exoskelett von Pelz oder Haar, und ein inneres oder Endoskelett von Knochen. Ueber das erstere der beiden sprach ich in dem vorhergehenden Kapitel. In dem gegenwärtigen Kapitel sollen solche Thatsachen dargelegt werden, welche sich auf das knochige Skelett der verschiedenen Mitglieder der Ordnung der Primaten beziehen und zugleich interessante Uebergänge im anatomischen Bau von den Affen zu den Menschenaffen und von diesen zu dem Menschen aufweisen. Was ich vorzubringen habe, wird natürlicherweise denjenigen leichter verständlich sein, die etwas von der menschlichen Anatomie verstehen; ich werde jedoch von der Voraussetzung ausgehen, daß der Leser vollständig unbekannt mit diesem Wissenszweig ist. (Man vergleiche zu Folgendem die beiden Abbildungen von Skeletten, Fig. 3 und 4 in der „Abstammung des Menschen".)

Wir wollen nun das Skelett in seinen drei Abtheilungen untersuchen: dem Rumpf, den Extremitäten (Gliedmaßen), dem Kopf. Bei der Besprechung des Rumpfes werden wir

zuerst die Wirbelsäule oder das Rückgrat, dann die Rippen betrachten. Die Extremitäten, die oberen wie die unteren bestehen jede aus einem aus Knochen gebildeten Bogen, welcher die Verbindung mit dem Rumpf bewirkt, und dem Glied, welches von diesem bogenförmigen Knochen gehalten wird. Der Kopf besteht aus dem Schädel und dem Gesicht.

I. Der Rumpf. a) Die Wirbelsäule (e auf Fig. 3 in „Die Abstammung des Menschen"). Das für alle Wirbelthiere charakteristische Rückgrat besteht aus einer Anzahl einzelner Knochen, die Wirbel genannt werden. Bei den Säugethieren, also auch bei allen Primaten, werden diese Wirbel von den Anatomen in Gruppen getheilt. Von oben nach unten haben wir die folgenden: 1. die Halswirbel (c); 2. die Rückenwirbel, welche die Rippen tragen; 3. die Lendenwirbel (e); 4. das Kreuzbein; 5. den Schwanzwirbel oder Steißbein. Vorläufig sind nur die letzten zwei hervorzuheben. Das Kreuzbein heißt lateinisch os sacrum (das heilige Bein), weil dieser Knochen als ein besonders heiliger Körpertheil den Göttern dargeboten wurde. Dieses Kreuzbein oder sacrum, aus mehreren Wirbeln zusammengewachsen, ist zwischen den zwei Hüftbeinen (s) eingekeilt und bildet mit ihnen das starke Becken (pelvis), welches auf den Beinen ruht. Die Steißbeinwirbel bilden den Schwanz Das Steißbein besteht beim Menschen aus mehreren zusammengewachsenen rudimentären Schwanzwirbeln und bildet nur noch einen kleinen Knochen am unteren Ende der Wirbelsäule. Dieser Knochen ist das os coccygis, so genannt wegen einer eingebildeten Aehnlichkeit mit einem Kukuksschnabel *κόκκυξ* (coccyx) = der Kukuk).

Wir wollen zuerst das Rückgrat als ein Ganzes betrachten und dann die einzelnen Gruppen der Wirbel. Unser Rückgrat zeigt drei sehr merkliche Biegungen, auf denen in gewissem Maß seine Widerstandsfähigkeit beruht. In der Rückengegend

ist es nach rückwärts gebogen, in der Lendengegend nach vorwärts. Das Kreuzbein und Steißbein endlich bildet wieder einen nach rückwärts gekrümmten Bogen. Von den Primaten zeigen diese Biegungen die Menschenaffen und der Mensch. Bis hinauf zu den Cynomorpha fehlen sie; sogar bei den Anthropomorpha ist ihr Erscheinen auf eine interessante Weise abgestuft. Die Wirbelsäule des Gibbon ist nahezu gerade, nur die Kreuzbeinbiegung, die unterste der drei, erscheint. Beim Orang, im erwachsenen Zustande, sind die Biegungen gleich denen beim Menschen nach der Geburt. Beim Schimpansen erscheinen die Biegungen ähnlich wie sie beim erwachsenen Menschen sind, und beim Gorilla sind sie besser ausgeprägt, als beim Schimpansen.

Betrachten wir nun die einzelnen Gruppen der Wirbel.

1. Die Halswirbel (c). Bei allen Säugethieren ist die Zahl derselben sieben. Dies ist um so bemerkenswerther, wenn wir bedenken, daß diese Thatsache gleich zutreffend für den Hals des Giraffe wie des Elephanten ist. Für unsere gegenwärtige Untersuchung ist nur ein Punkt von Bedeutung. Jeder Anfänger in der Anatomie weiß, daß beim Menschen die Halswirbel von den anderen Wirbeln durch gewisse Merkmale unterschieden sind, von denen eins die Spaltung des Dornfortsatzes ist, d. h. des Vorsprungs, welcher von dem Wirbelkörper nach rückwärts dornartig hervorsteht und mit seinen mehr als dreißig Genossen den Kamm an der Mittellinie des Rückens bildet. Keiner der niederen Primaten weist diese Spaltung auf, und nur einer der Anthropoiden, der Schimpanse. Aber auch beim Schimpansen hat nur einer der Halswirbel, der zweite der sieben, dies charakteristische Merkmal. Es ist bemerkenswerth, daß diese Spaltung, wenn auch in nicht sehr ausgeprägter Form, schon vor dem Menschen bei einem der Anthropoiden erscheint.

2 und 3. Die Rücken- und Lendenwirbel können zusammen genommen werden; das Bemerkenswerthe an ihnen ist ihre Anzahl. Die Wiederholung gleicher Formen in einem Organismus bedeutet immer eine verhältnißmäßige Niedrigkeit desselben. Eine Vergleichung der vielen gleichartigen Glieder eines Regenwurms mit den weniger zahlreichen, aber verschieden gestalteten eines Krebses liefert ein Beispiel dieses Satzes. Wir müssen daher erwarten, wenn wir bei unserer Untersuchung der Primaten aufwärts steigen, eine Abnahme in der Zahl der Rücken- und Lendenwirbel anzutreffen. Bei einigen Lemuridae ist die Zahl derselben mehr als 20; den 12 oder 13 Rückenwirbeln folgen 9 Lendenwirbel. Bei dem Seidenaffen ist die Zahl der Rücken- und Lendenwirbel 19. Bei den Platyrrhinae schwankt die Zahl derselben von 22 (15 oder 14 Rücken-, 7 oder 8 Lendenwirbel) bis herab zu 17 (12 Rücken-, 5 Lendenwirbel, wie beim Menschen.) Bei den Cynomorpha ist die Zahl 19 (12 oder 13 und 7 oder 6). Beim Gibbon ist die Zahl 18 (13 und 5). Bei den drei anderen Anthropomorpha, dem Orang, Schimpanse und Gorilla, 17. Beim Menschen haben wir auch 17. Während indessen die Gesammtzahl der Rücken- und Lendenwirbel bei den drei höchsten Menschenaffen und dem Menschen dieselbe, ist die Vertheilung der 17 zwischen die Rücken- und die Lendenwirbel sehr lehrreich. So sind die 17 beim Schimpanse und Gorilla zusammengesetzt aus 13 Rücken- und 4 Lendenwirbeln. Die 17 des Orang indessen bestehen aus 12 Rücken- und 5 Lendenwirbeln; und dies ist auch der Fall beim Menschen. Normal hat der Mensch 12 Rücken- und 5 Lendenwirbel, doch gelegentlich kommen auch Fälle vor von 13 oder 14 Rückenwirbeln (der Gorilla-Typus). Einige andere Thatsachen mit Beziehung auf die Lendenwirbel, oder vielmehr einen derselben, mögen hier

angeführt werden. Der betreffende ist der fünfte oder letzte Lendenwirbel bei uns und unseren nächsten Verwandten. Zwei der vier menschenähnlichen Affen bieten am fünften Lendenwirbel Eigenthümlichkeiten dar. Sowohl beim Schimpansen wie beim Gorilla sind die Querfortsätze dieses Knochens, welche rechts und links hervorragen, mit den Rändern der zwei Hüftknochen verbunden. Beim Gorilla ist ferner der Körper des letzten Lendenwirbels an den ersten des Kreuzbeines angewachsen, gerade so, wie dieser an den zweiten und der zweite an den dritten. Der fünfte Lendenwirbel wird so thatsächlich zu einem Theil des Kreuzbeines. Diese beiden Eigenthümlichkeiten finden wir gelegentlich noch beim Menschen vor.

4. Das Kreuzbein. Bei den Cynomorpha haben wir nur drei Kreuzbeinwirbel, bei den Anthropiden ist die Zahl derselben wie beim Menschen fünf. Diese Zunahme in der Zahl scheint auf den ersten Blick im Widerspruch mit dem auf der vorigen Seite gegebenen Grundsatze zu stehen; sie ist jedoch bei den höchsten Primaten der aufrechten Haltung, dem daraus folgenden größeren Druck auf die Beine und der schwereren Arbeit, die das Kreuzbein zu verrichten hat, zuzuschreiben.

5. Schwanzwirbel. Von den Lemuridae aufwärts bis zu den Cynomorpha sind die Schwanzwirbel zahlreich, da die Angehörigen dieser Gruppen geschwänzt sind. So giebt es sogar in der höchsten Gruppe, den Cynomorpha, Gattungen, deren Angehörige bis zu 31 Schwanzwirbel haben. Aber wir haben auch innerhalb der Grenzen dieser Unterabtheilung der Catarrhinae die schwanzlose Gattung Inuus (Magot), welche nur 3 Schwanzwirbel besitzt. Keiner der Anthropomorpha hat mehr als 5, und oft nur 4 oder 3, wie der Mensch. Doch ist die Schwanzgegend der Wirbelsäule bei

den Anthropomorpha und den Anthropidae nicht blos der Zahl der Wirbel nach übereinstimmend, sondern auch durch den außerordentlich verkümmerten Zustand, in dem sich diese Wirbel bei uns wie bei den menschenähnlichen Affen befinden.

6) Rippen. Da die Rippenpaare der Zahl nach mit den Rückenwirbeln übereinstimmen, ist wenig in dieser Beziehung zu sagen, und was gesagt wird, dient nur zur Ergänzung der früheren Ausführungen. Auch hier bemerken wir wieder den Grundsatz in Wirksamkeit, daß die Wiederholung gleicher Theile in einem Organismus dessen verhältnißmäßige Niedrigkeit bedingt. Bei der zur Reptilienklasse gehörigen Schlange z. B. haben wir eine ungeheure Anzahl von fast ganz gleichen Rippenpaaren. Wenden wir uns zu den Primaten, so haben die Lemuridae und Arctopithecini (Lori, Maki, Seidenaffe) immer mehr als 14 Paare, und in einigen Fällen sogar sehr viel mehr. Die Cynomorpha haben 13 oder 12, entsprechend der Zahl ihrer Rückenwirbel (die stets gleich mit der Zahl der Rippenpaare). Der Gibbon hat selten 14, gewöhnlich 13. Der Schimpanse und Gorilla haben 13; der Orang 12, der Mensch ebenfalls 12 Paare. Wie in den meisten anderen Fällen besteht auch hier ein größerer Unterschied zwischen Affen und Affen als zwischen Affen und Menschen.

II. Die Extremitäten (Gliedmaßen). Wir wollen zuerst die oberen Glieder und dann die unteren besprechen.

1. Der Bogen des oberen Gliedes. Beim Menschen, wie bei den Primaten überhaupt, besteht dieser Bogen aus dem Schulterblatt und dem Schlüsselbein (Fig. 3, u). Von diesen beiden brauchen wir nur auf das Schulterblatt näher einzugehen. Dies ist ein sonderlich geformter Knochen, dessen Haupttheil groß und flach ist und mehrere Rippen theilweise bedeckt. Am oberen äußeren Ende befindet sich die Glenoid-



Höhle, in welche der Gelenkkopf des Oberarmknochens paßt. Ein starker Vorsprung, die Schultergräte, erhebt sich auf der Rückseite des Schulterblatts, mehr gegen den oberen Rand zu, als gegen den unteren, und verbindet sich an seinem äußeren Ende mit dem Schlüsselbein. Dies letztere erstreckt sich daher von dem Ende des Brustbeins bis zum Ende der Schultergräte. Das Schulterblatt hat drei Kanten; eine äußere, welche von der Glenoid-Höhle abwärts bis zur unteren Spitze des Knochens läuft und Glenoidenrand genannt wird; eine obere, welche beim Menschen nahezu horizontal läuft; und einen langen gebogenen inneren Rand. Bei den niederen Primaten bis hinauf zu den Cynomorpha ist die Gestalt dieses komplizirten Knochens sehr verschieden von der des Menschen. Der Glenoid- und der obere Rand sind nahezu von derselben Länge, und der innere Rand ist kurz und gerade. Sogar beim Schimpansen ist die Gestalt des Schulterblattes noch nicht der desselben Knochens beim Menschen ähnlich. Er ist bei diesem Menschenaffen sehr lang, was der Verlängerung des inneren und der Verkürzung des oberen Randes geschuldet ist. Beim Orang und beim Gorilla hat dieser Knochen indessen in der Hauptsache bereits alle charakteristischen Merkmale des Menschen erlangt.

2. Der Arm. Beim Studium des Armes der Primaten bieten sich eine Anzahl Punkte dar, welche wir unter die folgenden Titel bringen wollen: Die Länge des Armes, der Oberarm, der Vorderarm, die Handwurzel, die Hand.

a) Die Länge des Armes. Jeder Schuljunge weiß, wie er auf seine Weise seine Größe messen kann. Er stellt sich mit dem Rücken an eine Wand und streckt die Arme in voller Länge wagerecht aus. Ein betheiligter Gefährte markirt die Stellen, bis zu welchen die Spitzen der Mittelfinger der Hand reichen. Die Länge von der Spitze des

Mittelfingers der einen Hand bis zu der Länge der anderen entspricht fast ganz genau der Länge des Körpers.

Wir wollen nun die Resultate der gleichen Messung bei anderen Gliedern der höchsten Säugethier-Ordnung betrachten. Wird das Experiment an irgend einem der Lemuridae, Arctopithecini, Platyrrhinae oder Cynomorpha gemacht, so findet man, daß die Spannweite der Arme in dem oben beschriebenen Sinne stets mehr als das Doppelte der Körperlänge beträgt. Dies ist ebenfalls der Fall bei dem niedrigsten Menschenaffen. Die Spannweite der Arme des Gibbon beträgt mehr als die doppelte Körpergröße. Beim Orang verkürzen sich die Arme verhältnißmäßig und ist die Spannweite der Arme nur nahezu gleich der doppelten Körpergröße. Der Schimpanse und Gorilla haben eine Spannweite, die der anderthalbfachen Körpergröße entspricht, und beim Menschen sind die beiden Maße, wie wir gesehen haben, nahezu gleich.

Hier können wir zum ersten Male eine Messung innerhalb der Grenzen des Menschengeschlechts selbst in den Kreis unserer Betrachtung ziehen. Wir wollen eine der genauesten Messungen nehmen, das Resultat einer Reihe in Amerika gemachter sorgfältiger Beobachtungen und Aufzeichnungen. Jeder von uns weiß, daß im Allgemeinen gewisse niederen Typen von Individuen eine größere Spannweite haben als höhere Typen. Die Zahlen, die jetzt gegeben werden sollen, haben indessen mehr mit ganzen Abtheilungen zu thun als mit einzelnen Individuen, und sie sind von besonderem Interesse, da sie die Wirkung der Veränderungen in den Lebensbedingungen auf das Entstehen von Abänderungen zeigen.

Wenn wir aufrecht stehen und unsere Arme eng gegen die Seite pressen, so daß die Handflächen an den Seiten

der Schenkel liegen, so finden wir die Kuppe des Mittelfingers jeder Hand in einiger Entfernung vom oberen Rand der Kniescheibe. Je länger der Arm eines Primaten, desto geringer wird natürlich diese Entfernung sein, und, wie wohl bekannt, ist bei allen Gliedern der Ordnung, ausgenommen den Menschen, die Entfernung gleich Null oder weniger als Null, d. h. die Finger reichen über den äußeren Rand der Kniescheibe hinaus. (Vgl. Fig. 3 und 4 in der „Abstammung des Menschen".) Daß die Arme mit der Entwicklung der menschlichen Rasse sich verhältnißmäßig verkürzen, zeigen uns die folgenden Zahlen. Die Menschen, an denen die Messung vorgenommen, waren Rekruten während des Sezessionskrieges der Vereinigten Staaten: weiße Amerikaner; Neger, deren Eltern schon seit mehreren Generationen frei waren, aus den freien Staaten; endlich Neger aus den Sklavenstaaten. Der Durchschnitt einer sehr großen Zahl von Messungen, welche an einer großen Menge von Individuen jeder dieser drei Klassen gemacht wurden, war folgender:

Entfernung von der Kuppe des Mittelfingers bis zur Kniescheibe bei

Negersklaven	2.832	Zoll
Freien Negern	3.298	„
Amerikanern	5.036	„

(1 Zoll = $2^1/_2$ Centimeter). Diese Zahlen sprechen für sich selbst.

b) Der Oberarmknochen (t) ist der lange Knochen, welcher von der Schulter bis zum Ellbogengelenk läuft. Gleich allen langen Knochen zerfällt er in drei Theile: einen oberen, den Gelenkkopf, welcher in die Gelenkfläche des Schulterblattes eingeht; einen langen Schaft in der Mitte; und endlich zwei Knorren (condylus) am unteren Ende, wo der Oberarm mit einem der Vorderarmknochen verbunden ist.

Der Gelenkkopf des Oberarmes ermöglicht beim Menschen eine Aufwärts- und Seitwärts-Bewegung des Armes, jedoch nicht eine Rückwärtsbewegung. Wohl aber ermöglicht der Gelenkkopf des Oberarmes eine Rückwärtsbewegung bei den Lemuridae, Arctopithecini, Platyrrhinae und Cynomorpha. Bei den Anthropomorpha indessen ist der Gelenkkopf ebenso eingerichtet wie beim Menschen und nicht wie bei den niederen Primaten.

Ferner ist der Oberarmknochen beim Menschen etwas schraubenartig gewunden, nicht gerade, wie bei den niederen Primaten. Bei den höchsten Menschenaffen finden wir jedoch diese Windung des Knochens ebenfalls und zwar in einer Weise, die viele Aehnlichkeit mit der des menschlichen Oberarmknochens zeigt.

c) Ueber den Vorderarm sollen zwei Bemerkungen gemacht werden. In diesem haben wir zwei Knochen: die Elle (f) auf der Seite des kleinen Fingers und die Speiche (g) auf der Seite des Daumens. Nur die erstere geht in das Ellbogengelenk ein. Am oberen Ende der Elle sehen wir eine Höhlung, die sogenannte halbmondförmige Grube, in welche der innere condylus des Oberarmknochens hineinpaßt. Dahinter und die halbmondförmige Grube überdachend, befindet sich ein Knochenfortsatz, Ellbogen genannt.

Dieser Fortsatz paßt genau, wenn die Elle gestreckt wird, in eine Vertiefung am hinteren und unteren Ende des Oberarmknochens. Bei allen anderen Thieren, sogar bis hinauf zu den Cynomorpha, erstreckt sich dieser Knochenfortsatz höher hinauf und über die halbmondförmige Grube hinaus. Bei den Anthropomorpha und dem Menschen geht dieser Fortsatz nicht über diese Grube hinaus.

Wir sind im Stande, die Hand so umzudrehen, daß der Rücken derselben nach aufwärts liegt, und ebenfalls die ent-

gegengesetzte Bewegung zu machen, daß die Handfläche nach oben liegt. Alle Primaten besitzen diese Fähigkeit, die Speiche um die Elle zu drehen. Bei den niederen Mitgliedern der Ordnung ist diese Fähigkeit sehr verringert, während sie bei den höheren Formen fast der des Menschen gleichkommt. (Flowers: „Osteology of the Mammalia", Knochenlehre der Säugethiere, p. 245).

d) Die Handwurzel (h). Dieser Theil besteht bei uns aus acht Knochen, welche in zwei Reihen von je vier zusammen liegen. Die niederen Glieder der Primaten-Ordnung haben neun Knochen in der Handwurzel; ein zusätzlicher, das os centrale (Mittelknochen) ist vorhanden. Der Maki hat neun, so ebenfalls der Seidenaffe, die Platyrrhinae, die Cynomorpha, der Gibbon und der Orang. Jedoch beim Schimpansen und Gorilla fehlt der Mittelknochen, die Zahl der Handwurzelknochen ist acht und die Anordnung derselben ist dieselbe, wie beim Menschen.

Bei der Mehrzahl der Primaten sind die beiden Knochen des Vorderarmes, die Speiche wie die Elle, in direkter Verbindung mit den Handwurzelknochen. Beim Menschen ist dies nicht der Fall; unsere Handwurzel ist nur mit der Speiche zusammengefügt und verbindet sich die Elle mit keinem der Handwurzelknochen. Dieselbe Anordnung treffen wir bei zwei Menschenaffen an. Der Gorilla und der Orang haben ihre Handwurzelknochen nur mit dem Speichenknochen verbunden.

e) Die Hand (i Mittelhand, k Finger) ist der äußerste Theil der oberen Extremitäten. An dieser sind die zwei wichtigsten Punkte die Fingernägel und der Daumen. Bei den meisten Säugethieren sind die Finger oder Zehenglieder mit Krallen statt mit Nägeln versehen. Dies ist auch der Fall bei den niederen Primaten. So haben die Cheiromyini Krallen an jedem Finger der Hand, aber die Kralle des

Daumens ist bereits abgeändert und nähert sich der Form eines Nagels. Bei den Lemuridae und den Seidenaffen zeigt sich dieselbe Anordnung. Die Daumenkralle erscheint bei den Cynomorpha noch mehr flach und nagelähnlich, jedoch erst bei den Menschenaffen begegnen wir einem unverkennbaren Nagel. Beim Gibbon ist dieser Nagel auf den Daumen beschränkt; die vier anderen Finger haben Krallen. Bei den drei höheren Menschenaffen jedoch sehen wir Nägel an jedem Finger, gerade wie beim Menschen.

Der Daumen. Dieser Finger kann weder bei den Lemuridae noch bei dem Seidenaffen den anderen Fingern gegenüber gestellt werden. Bei dem letzteren ist gleichfalls die Fähigkeit, den Daumen zu bewegen, nicht besonders ausgeprägt. Ebenso ist bei den Platyrrhinae der Daumen nicht vollständig gegenüber zu stellen, obschon seine Beweglichkeit sehr bedeutend. In dieser Gruppe ist der Daumen noch nicht so genau verschieden von den übrigen Fingern, wie bei den Catarrhinae. Der Daumen des Klammeraffen ist ganz verkümmert und zwecklos, obgleich die zu seiner Bewegung nöthigen Muskeln vorhanden sind.

Wir wollen nun zur Betrachtung der unteren Extremitäten übergehen, wo ebenfalls der Bogen und das Glied zu untersuchen sind.

1. Der Bogen. In diesem Fall haben wir nur einen einzigen (nicht zwei wie bei den oberen Extremitäten) großen und zusammengesetzten Knochen auf jeder Seite, den Hüftknochen (s). Er ist so sonderbar geformt, daß selbst der Scharfsinn der Anatomen nicht im Stande war, eine Aehnlichkeit desselben mit einem anderen Ding herauszufinden; daher sein Name os innominatum (namenloser Knochen). Die zwei namenlosen Knochen bilden zusammen mit dem Kreuzbein das Becken (pelvis). Die Länge und Breite des

Beckens zeigt uns bei den verschiedenen Primaten einige interessante Uebergänge. Wenn wir das Skelett irgend eines Vierfüßlers, wie des Hundes oder das lebende Thier selbst betrachten, so sehen wir, daß das Becken lang und eng ist. Das des Menschen ist jedoch verhältnißmäßig viel kürzer und breiter. Sehr dienlich zur Charakterisirung des Beckens ist eine Zahl, die der Becken-Index heißt. Man denke sich die Länge des Beckens irgend eines besonderen Thieres mit der Zahl 100 multiplizirt und dann durch die Breite des Beckens dividirt, so wird das Resultat eine Zahl sein, die entweder größer als 100, oder 100, oder kleiner als 100 ist, je nachdem das Becken länger als breit, ebenso lang als breit, oder kürzer als breit ist. Die Zahl, welche das Resultat der Division der Länge × 100 durch die Breite ist, wird der Becken-Index des betreffenden Thieres genannt. Diese Zahl wird um so geringer sein, je höher das Thier in der Ordnung der Säugethiere steht.

Die folgende Liste giebt die Becken-Indices einiger der höheren Primaten an, und zwar in jedem Fall den des weiblichen Beckens.

Schimpanse	141
Gorilla	128
Australier	116
Buschweib	103
Eskimo	100
Hindu (Indien)	93
Peruaner	91
Europäer	78

Aus dieser Liste sehen wir, daß das Becken des Schimpansen nahezu noch ein halbmal so lang ist, als breit; das Becken des Gorilla ist etwas mehr als noch ein viertelmal so lang, als breit; die zwei folgenden niederen Menschenrassen

haben immer noch Becken, welche länger als breit sind; das Becken der Eskimofrau ist ebenso lang, als breit; bei den höheren Menschenrassen ist das Becken breiter, als lang. Bei unserer gegenwärtigen Untersuchung ist der wichtigste Punkt der, zu beachten, daß eine größere Verschiedenheit im Becken-Index zwischen Mensch und Mensch als zwischen Affen und Menschen existirt. 116 (Australier) — 78 (Europäer) = 38. Aber 128 (Gorilla) — 116 (Australier) = nur 12. Die Verschiedenheit ist sogar zwischen zwei zivilisirten Menschenrassen größer, als zwischen dem Gorilla und dem Australier, und als zwischen zwei Menschenaffen, 93 (Hindu) — 78 (Europäer) = 15. 128 — 116 = nur 12. 141 (Schimpanse) — 128 (Gorilla) = 13.

2. Die große Zehe ist der einzige Theil des unteren Gliedes, welchen wir zu berücksichtigen haben. Ihre Länge, im Verhältniß zur Länge des Fußes, verkürzt sich, wenn wir in der Ordnung der Primaten aufwärts steigen. Die große Zehe beträgt mehr als $^5/_{12}$ der Länge des Fußes beim Gibbon und Schimpansen — sie ist nahezu halb so lang als der ganze Fuß. Beim Gorilla ist sie weniger als $^5/_{12}$; beim Orang ungefähr $^3/_{12}$ oder $^1/_4$; beim Menschen ungefähr $^1/_5$ oder $^1/_6$ ($^2/_{12}$).

Die große Zehe ist ziemlich übereinstimmend mit dem Daumen in Bezug auf ihre Bewegungskraft und die Natur ihrer Kralle oder ihres Nagels. Beim Cheiromys z. B. hat nur die große Zehe einen Nagel, die übrigen sind mit Krallen versehen. Bei dieser Gattung, wie bei den Lemurini, ist die große Zehe groß und fähig, sich den anderen Zehen entgegen zu stellen. Bei allen Simiadae ist diese Zehe kleiner, als die zweite, doch ist sie beträchtlicher Bewegung fähig. Beim Gibbon befindet sich ein Nagel nur auf der großen Zehe, alle vier anderen haben Krallen. Bei den drei höheren

Menschenaffen finden wir jedoch Nägel auf allen Zehen, gerade wie beim Menschen.

III. Der Kopf. Ich führte schon früher an, daß bei der Betrachtung dieses Theiles des Skeletts es gebräuchlich ist, den Schädel und das Gesicht als zwei Theile zu bezeichnen.

Fig. 9. Schädel des Menschen.

1. Der Schädel. (Siehe Fig. 9 und Fig. 10). Wir wollen zuerst die verhältnißmäßigen Längen der knochigen Basis des Schädels und der Höhle, in welcher das Gehirn liegt, betrachten. Wenn der Schädel eines Primaten von

unten aus betrachtet wird, sehen wir in seiner Basis ein großes Loch, das foramen magnum (Hinterhauptsloch), durch welches der Rückenmarksstrang in das Gehirn läuft. Vor diesem Loche liegt im Boden der Schädelhöhle eine knochige Masse, die Achse der Schädelbasis genannt. Wenn, wie beim Menschen, das Hinterhauptsloch groß, und in der Basis des Schädels gelegen ist, und zwar nicht ganz am hintersten Theil derselben, so ist klar, daß die Länge der Schädelhöhle größer sein wird, als die der Achse der Schädelbasis. Wenn jedoch das Hinterhauptsloch nicht groß ist, und wenn es an der hintersten Seite der Schädelbasis, oder sogar, wie in einigen Fällen, mehr in der rückwärtigen Wand als der Basis des Schädels liegt, so ist augenscheinlich, daß die Länge der Achse der Schädelbasis nahezu gleich oder ganz gleich mit der der Schädelhöhle sein wird. Das Verhältniß zwischen diesen beiden Längen bei verschiedenen Thieren bietet einige Anzeichen ihres Gehirngehalts. Ich werde die Länge der knochigen Achse der Schädelbasis in jedem Fall durch 100 darstellen, dann haben wir die folgende Tafel:



Fig. 10. Schädel eines alten männlichen Gorilla (von vorne).

Länge der Achse der Schädelbasis .	= 100
Länge der Schädelhöhle bei einigen Lemuridae, Arctopithecini, Plathyrrhinae	= weniger als 100
Anderen Plathyrrhynae	= 100
Cynomorpha	= 150 (nicht mehr)
Anthropomorpha	= 170
Beim Menschen	= 230—270

Bis hinauf zu den Plathyrrhinae ist also die Achse der Schädelbasis länger, oder so lang, wie die Schädelhöhle. Bei allen Simiadae ist sie mehr als halb so lang. Beim Menschen ist sie weniger als halb so lang. Wir müssen hierbei berücksichtigen, daß Messungen, wie die hier in Betracht kommenden, soweit mir bekannt ist, an Mikrocephalen-Schädeln nicht vorgenommen wurden. Jedoch selbst, wenn wir von diesen absehen, finden wir wiederum eine größere Verschiedenheit zwischen den 100 der Platyrrhinae und den 170 der Anthropoiden, als zwischen den 170 der letzteren und den 230 der niederen Menschenrassen. In die Basis des Schädels tritt als ein Theil der eben betrachteten knochigen Achse der Schädelbasis ein Theil eines sehr komplizirten Knochens ein, der das Keilbein (os sphenoideum) genannt wird. Das Keilbein ist eingekeilt zwischen dem Stirnbein vorn (Fig. 9, g), dem Hinterhauptbein hinten (d) und den Schläfenbeinen (e) und Scheitelbeinen (f) auf beiden Seiten. Dieser, im ausgewachsenen Schädel anscheinend einfache Knochen, ist jedoch in Wirklichkeit aus acht Knochen zusammengesetzt. Uns geht hier indessen nur der Theil des Keilbeins an, der in den Boden des Schädels eingeht. Auch dieser Theil besteht noch aus zwei Knochen. Diese, von hinten nach vorne, sind der Basi-Sphenoid- und der Pre-Sphenoidknochen. Im menschlichen Schädel sind diese zwei Theile schon in einem frühen Alter so vollständig ver-

einigt, daß keine Spur einer Naht oder Verbindungslinie sichtbar ist. Wenden wir uns jedoch zu den Schädeln der niederen Primaten, so finden wir, daß bei allen, bis hinauf zu den Cynomorpha, diese Naht ganz deutlich zu sehen ist, bis zu dem Stadium, wo das Thier nahezu ausgewachsen ist. Andererseits zeigen die Schädel der Anthropomorpha keine Spur einer Verbindungslinie, und sind diese beiden Knochen so fest verbunden, daß sie schon einen Knochen bilden, ehe noch die Milchzähne zum Durchbruch kommen. Dies zeigt uns auf's Neue, daß die charakteristischen Merkmale des menschlichen Schädels bei den Menschenaffen zuerst erscheinen.

Wir kommen jetzt zur Beziehung des Stirnbeins zum Siebbein. Bei allen Primaten besteht das Stirnbein ursprünglich aus zwei Knochen, einem rechten und einem linken. Jeder dieser zwei Knochen bildet nicht nur eine Hälfte der Stirn, sondern auch das Dach der Augenhöhle. Zwischen den zwei Dächern der Augenhöhle ist eine beträchtliche Kluft. In dieser Kluft liegt das Siebbein, welches auch als Nasenbein bezeichnet werden könnte, da es seiner Lage nach in enger Beziehung zur Nase steht. Der obere Theil desselben auf jeder Seite bildet das Dach der Nasenhöhle, und ist von Löchern durchbohrt, durch welche die Verzweigungen der Geruchsnerven dringen. Daher stammt sein Name Siebbein. Bei uns schließen sich die Flächen der Augenhöhle des rechten und linken Stirnknochens an die Seiten des zwischen ihnen liegenden Siebbeins an und erstrecken sich nicht über dasselbe hinaus. Mit einer einzigen Ausnahme verbinden sich jedoch bei dem übrigen Theil der Primaten die Dächer der zwei Augenhöhlen nicht nur mit den Seiten des Siebbeins, sondern erstrecken sich noch über dasselbe hinaus und verbinden sich hinter ihm noch einmal. Wir haben hier also eine doppelte Verbindung der zwei Stirnknochen, einmal mit den Seiten des

Siebbeins, und dann hinter demselben unter sich selbst. Wir finden hier einen anatomischen Unterschied zwischen dem Schädel des Menschen und dem der Majorität der Primaten. Jedoch selbst diese ist keine absolute Unterscheidung; denn bei einem der Menschenaffen, dem Orang, erstrecken sich die zwei Dächer der Augenhöhle nicht hinter das Siebbein, sondern verbinden sich nur mit den Seiten desselben, wie beim Menschen. Der Orang und der Mensch sind also in dieser Beziehung gleich.

Im Innern des Schädels begegnen wir noch einem interessanten Merkmal eines der Knochen des Primatenschädels, welches einem gewissen Theil des Gehirns entspricht. Dieser Theil ist der Flocculus (das Flöckchen), ein Lappen des kleinen Gehirns. Das kleine oder hintere Gehirn zerfällt bei den Primaten in einen mittleren Theil, den sogenannten Wurm, und zwei Seitentheile oder Hemisphären. Von jedem dieser Seitentheile ragt bei einigen Säugethieren und den meisten Primaten ein unregelmäßig geformter Lappen der Gehirnsubstanz hervor, Flocculus genannt. Dieser ruht auf dem Knochen, in welchen das Ohr eingesenkt ist, einem Theil des Schläfenbeines. In Folge dessen weist die Fläche dieses Knochens, der in die innere Schädelwand eingeht, eine Vertiefung auf, welche mit dem Flocculus korrespondirt. Diese Vertiefung oder fossa (Graben) ist gut ausgeprägt bei den Lemuridae, Arctopithecini und Platyrrhinae, bei denen der Flocculus groß ist. In dem Schädel der Cynomorpha ist sie nur schwach ausgeprägt und in denen der Anthropomorpha ist sie fast ganz verschwunden. Sie ist bei diesen nicht mehr bemerkbar, als in dem Schädel des Menschen. Und dies geht Hand in Hand mit der Thatsache, daß weder beim menschlichen Gehirn noch bei dem der höheren Affen solche Flocculi dem kleinen Gehirn anhangen, während das Vorhandensein von Spuren einer Vertiefung in dem menschlichen

und höheren Affenschädel ein hinreichender Beweis dafür ist, daß die Anthropoiden sowohl, wie der Mensch, durch Evolution von gemeinsamen Voreltern abstammen, in deren Gehirn die Flocculi anwesend waren.

Das zusamengesetzte Schläfenbein (Fig. 9 e) des menschlichen Schädels bietet uns ein weiteres Beispiel des Uebergangs dar. Dieser Knochen besteht gleich dem Sphenoid (Keilbein) in Wirklichkeit aus vielen Knochen. Von diesen brauchen wir nur einen zu besprechen, das Paukenbein. Das Schläfenbein hat beim Menschen einen etwa 3 Centimeter langen Kanal, der von dem äußeren Ohr nach Innen führt und dessen inneres Ende von dem Trommelfell geschlossen ist. Dieser Kanal, der äußere Gehörgang, wird durch die Verlängerung des Paukenbeines gebildet. Dieses ist bei den niederen Wirbelthieren ein einfacher Ring von knochiger Substanz, der durch das Trommelfell ausgefüllt wird. Bei dieser ursprünglichen Anordnung fehlt der Gehörgang, und das Trommelfell liegt, wie beim Frosch, in einer Ebene mit der Oberfläche des Schädels. Diese Anordnung finden wir Anfangs beim menschlichen Embryo; sie wird aber noch im erwachsenen Zustande bei allen Primaten, bis hinauf zu den Platyrrhinae angetroffen. Bei ihnen ist das Paukenbein noch ringförmig, und der Gehörgang sehr kurz oder gar nicht vorhanden. Bei den Catarrhinae tritt jedoch eine Veränderung nach der menschlichen Form zu ein. Das Paukenbein verlängert sich nach auswärts und bildet eine längliche knochige Röhre, deren Kanal der äußere Gehörgang ist. Dies ist genau dasselbe, was beim Menschen stattfindet.

2. Das Gesicht. Das Hauptinteresse mit Beziehung auf die Gesichtsknochen und ihr Verhältniß zu einander konzentrirt sich in dem Gesichtswinkel. Dieser ist ein Maaß, das wir dem holländischen Ethnologen (Völkerkundigen)



Peter Camper (geboren zu Leyden 1722, gestorben im Haag 1799) verdanken. Seine Idee war, mittelst dieses Winkels zu messen, wie sehr das Gesicht bei den verschiedenen Menschenrassen vorspringe, und das Verhältniß der Entwicklung des Gesichts zu der des Schädels anzuzeigen. Bei den niederen Säugethieren, wie dem Hund z. B., ragt das Gesicht sehr weit aus dem Schädel hervor, es bildet eine Schnauze. Bei den niederen Primaten ist gleichfalls das Gesicht im Verhältniß zum Schädel in einer größeren Ausdehnung entwickelt als bei den höheren.

Zum Zweck der Vergleichung schlug Camper das Ziehen zweier Linien am Schädel vor. Eine sollte von dem vorspringenden Theile des Stirnbeins (Fig. 9 g) abwärts nach dem Rande der oberen Kinnlade (Fig. 9 b), da wo die Schneidezähne eingesenkt sind, gezogen werden. Die andere sollte nahezu in horizontaler Richtung durch die Mitte der Oeffnung des äußeren Gehörganges nach dem Verbindungspunkt des Nasenbeines (Fig. 9 a) mit dem Stirnbein laufen.*) Diese zwei Linien bilden einen Winkel, und dieser Winkel wird augenscheinlich um so größer sein, je kleiner das Gesicht im Verhältniß zum Schädel, und je höher die geistige Entwicklung des Primaten. Wir geben hier eine Tabelle mehrerer Gesichtswinkel, wie sie an den Schädeln gewisser Primaten gemessen worden. (Siehe Fig. 11.)

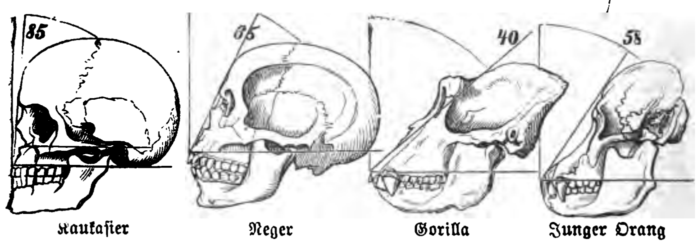


Fig. 11. Gesichtswinkel (nach Cuvier).

*) Cuvier zog diese Linie über die Zahnzellen der oberen Kinnlade.

Gesichtswinkel.

Gibbon	20	Grad
Schimpanse	30	„
Orang	30—35	„
Gorilla	35—47	„
Junge Anthropomorpha . . .	56—60	„
Namaquas (Hottentotten) . .	64	„
Callithrix sciurea (Springaffe)	65	„
Neger	67	„
Niedere Europäer / Australier }	70	„
Kalmücken	75	„
Europäer (durchschnittlich) . .	80	„
Antike Statuen	90	„

Diese Liste ist werth, näher untersucht zu werden. Man beachte zuerst, daß die jungen Anthropomorpha einen größeren Gesichtswinkel haben, als die ausgewachsenen Affen. Die Lehre daraus ist augenscheinlich. Das alte Gesetz des Parallelismus der Ontogenie (Entwicklung des Einzelwesens) und der Phylogenie (Entwicklung der Art, des Stammes) zeigt sich hier auf's Neue. Die Lebensgeschichte des Individuums ist ein Auszug aus der des Geschlechts; die Ontogenie ist eine kurze Phylogenie. Die Anthropoiden erreichen in ihrer Entwicklung eine gewisse Stufe der Entwicklung; dieselbe Stufe wird von dem sich entwickelnden Menschen erreicht. Aber von dieser Stufe an, welche, soweit der Gesichtswinkel in Betracht kommt, in der Tabelle durch die 56—60 ⁰ bezeichnet wird, schreiten die Anthropoiden zurück, der Mensch vorwärts. Dies sind zwei ontogenetische Thatsachen. Aus ihnen folgt wahrscheinlich für die Phylogenie, daß der affenartige Vorfahr der Anthropomorpha und der Anthropidae nach zwei Richtungen hin variirte. Nachdem die

Stufe, die durch den Gesichtswinkel von 56—60 ° repräsentirt wird, erreicht war, variirte der Vorfahr nach zwei Richtungen, der der Anthropoiden mit ihrem Gesichtswinkel von 20—47 °, und der des Menschen, mit einem Gesichtswinkel von 70—90 °.

Betrachten wir nun die Differenzen der verschiedenen Gesichtswinkel: 47 ° (Gorilla) — 20 ° (Gibbon) = 27 °. 64 ° (Namaquas) — 47 ° (Gorilla) = 17 °. Wir sehen wieder eine größere Verschiedenheit zwischen Affen und Affen, als zwischen Affen und Menschen. Dieses Resultat erhalten wir, ohne die jungen Anthropomorpha und den eigenthümlichen Fall des Callithrix sciurea in Betracht zu ziehen. Der letztere ist eine der eichhörnchenähnlichen Affenarten Brasiliens. Der Gesichtswinkel dieses Affen ist in Wirklichkeit wenigstens eben so groß, als der der Namaquas oder Hottentotten in Südafrika. Das Land der Namaquas wird nördlich von der Walfisch-Bai (23 ° südl. Breite), südlich von der Mündung des Orange-Flusses (28 ° 30′ südl. Breite), im Westen vom Atlantischen Ocean und im Osten von der Kalahari-Wüste begrenzt. Die famose Kolonie Angra-Pequena liegt in diesem Lande. Angesichts der Gleichheit der Gesichtswinkel bei dem Platyrrhinen-Affen Callithrix und diesem Homo hottentottus ist es interessant zu bemerken, daß der erstere harmlos, intelligent und leicht völlig zu zähmen ist, während die letzteren „jedes Laster der Wilden und keine ihrer edleren Eigenschaften besitzen". (Anderson.) Die Kalmücken sind eine mongolische Rasse (Homo mongolus), theilweise chinesische, theilweise russische Unterthanen, und erstrecken sich von den Steppen des Don und der Wolga bis zu den Wüsten und Gebirgsregionen des oberen Asiens. Sie sind eine nomadische, kriegerische, buddhistische Rasse.

Man beachte auch in der Tabelle die stetige Abstufung von 64° bei den niederen Menschen bis hinauf zu 90° bei

den antiken Statuen. Diese letzteren sind von Bedeutung. Sie — die Darstellungen von Göttern oder Halbgöttern, oder wenigstens von erhabenen Männern und Frauen — haben einen um 10° größeren Gesichtswinkel als die Europäer von heute. Und dies ist wenigstens zum Theil der Thatsache zuzuschreiben, daß das Ideal stets weiter geht, als die Wirklichkeit.

Wir wollen diesen Theil unserer Untersuchung mit zwei Tabellen schließen, in welchen die Resultate gewisser Schädelmessungen von Mikrocephalen oder Affenmenschen verzeichnet sind. Zunächst wollen wir klar machen, was unter Mikrocephalen zu verstehen ist. In verschiedenen Ländern, wahrscheinlich auch in verschiedenen Jahrhunderten, haben menschliche Eltern, in vielen Fällen ganz normale, als Nachkommenschaft Wesen eines ganz abnormen Typus gezeugt. Diese Nachkommen, von menschlichen Eltern geboren, haben einen Bau gleich dem der Affen. Ein großer Theil ihres Körpers ist oft mit Haaren bedeckt; sie sind lange nach der gewöhnlichen Zeit, wo das menschliche Kind aufgehört hat auf allen Vieren zu kriechen, noch nicht fähig, aufrecht zu gehen, unfähig, zu sprechen, unbelehrbar; ihre zurücktretenden Stirnen überdecken Gehirne, deren Gehalt und Gewicht geringer sind, als die der Gehirne der Menschenaffen. Ihr technischer Name ist Microcephali (von μικρός [mikros] = klein, κεφαλή [kephale] = Kopf); ich nenne sie nach Karl Vogt Affenmenschen.

Die Zahl der Fälle, die berichtet, und selbst die Zahl der Fälle, die einer sorgfältigen wissenschaftlichen Untersuchung unterworfen worden sind, ist zu groß, als daß sie alle hier berücksichtigt werden könnten. Ich will hier nur zehn Fälle vorbringen, die man in Deutschland beobachtet und beschrieben hat. Es sind dies folgende:

1. Gottfried Möhre . . . . 44 Jahre
2. Michel Sohn . . . . 20 „

3. Friedrich Sohn . . . . 18 Jahre
4. Conrad Schüttelndreyer . . . . 31 „
5. Mikrocephale von Jena . . . . 26 „
6. Ludwig Racke . . . . 20 „
7. Margarethe Mähler . . . . . . 33 „
8. Jean Mögle . . . . 15 „
9. Jacques Mögle . . . . 10 „
10. Jean Georges Mögle . . . . 5 „

Die Resultate zweier Reihen von Messungen, welche an den Schädeln der Affenmenschen gemacht wurden und ein Vergleich mit den Resultaten ähnlicher Messungen an dem Schimpanse und Neger und dem durchschnittlichen europäischen Schädel, folgen hier:

Schädel-Messungen.

	Länge der Linie vom vorderen Rand des Oberkiefers bis zum vorderen Rand des Hinterhauptslochs.	Länge der Basis des Schädels.
Schüttelndreyer	18.5	20
Mähler	20	21.4
Mikrocephale von Jena	21.5	23
Möhre	25.2	29
Friedrich Sohn	25.8	27.7
Racke	29.5	30.1
Michel Sohn	30.9	32.6
Schimpanse	32.5	37.1
Neger	45.4	49

Das Hinterhauptsloch ist das große Loch in der Basis des Schädels, durch welches das Rückenmark durchgeht, um in das Gehirn einzutreten, das in der Schädelhöhle liegt. Dies Hinterhauptsloch befindet sich weit hinten im Schädel. Die erste Zahlenreihe giebt die verhältnißmäßigen Entfernungen in den verschiedenen Schädeln, von dem hervorragendsten Theil der oberen Kinnlade bis zu dem hinteren Rand

des Hinterhauptslochs. Die zweite Reihe giebt die verhältnißmäßigen Zahlen, welche die ganze Länge der Schädelbasis von dem hervorragendsten Theil der oberen Kinnlade bis zum hinteren Rand des Hinterhauptsloches darstellen. Die Differenz zwischen jedem Zahlenpaar auf einer Linie giebt die verhältnißmäßige Länge des betreffenden Hinterhauptsloches an. Da das Hinterhauptsloch im Allgemeinen dieselbe Länge bei den verschiedenen Mikrocephalenschädeln hat, so laufen die ersten sieben Zahlenpaare nahezu parallel. Beim Schimpansen und Neger jedoch ist die Länge des Hinterhauptsloches von der vorderen bis zur hinteren Seite beträchtlich größer als bei den Affenmenschen.

Man beachte, daß die Schädellänge bei dem Schimpansen die Mitte hält zwischen der Schädellänge des Negers und der der Mikrocephalen oder Affenmenschen. Ebenso, daß bei den Letzteren das Hinterhauptsloch sich weiter hinten im Schädel befindet als beim Schimpansen. Die Affenmenschen sind, in einem Wort, in dieser Hinsicht weiter vom menschlichen Typus entfernt als der Schimpanse.

	Entfernung der Hinterhaupts-Biegung von der Ohröffnung.
Mikrocephale von Jena	63.1
Schimpanse	63.3
Mähler	65.9
Friedrich Sohn	72.3
Schüttelndreher	74.7
Pongoaffe	80.0
Möhre	81.4
Racke	82.6
Ein Fall in Sandifort	85.5
Michel Sohn	88.9
Durchschnitts-Schädel	93—103.

Entfernung der Ohr-Oeffnung von der Nasen-Stirnbein-Naht = 100.

Die Ohröffnung ist die Oeffnung des äußeren Gehörganges (im Schläfenbein, Fig. 9, e). Die Nasen-Stirnbein-Naht ist die Verbindungslinie zwischen dem Nasenbein. (Fig. 9, a) auf der einen Seite und dem Stirnbein (Fig. 9, g). Diese Naht befindet sich gerade oberhalb der Stelle, auf welcher die Brille ruht und befindet sich zwischen den oberen Theilen der zwei Augenhöhlen. In der eben gegebenen Tabelle ist die Länge von dieser Naht bis zur Mitte der Oeffnung des Gehörganges als 100 angenommen. Die Hinterhauptsbiegung ist die stark ausgeprägte Biegung der Hinterwand des Schädels, deren Mittelpunkt der Vorsprung am hinteren Theil des Kopfes ist und den man, gleich wie die egyptische Finsterniß fühlen kann, wenn er nicht durch künstliches Haar oder Kopfputz bedeckt ist. Die angeführten Zahlen drücken die verhältnißmäßige Entfernung von der Mitte der Oeffnung des Gehörganges bis zu diesem Vorsprung des Hinterhauptes aus.

Je höher die Zahl in dieser Liste, desto größer ist die Länge der hinteren Region des Schädels. Der interessanteste Punkt indessen liegt in der Aufeinanderfolge der Schädel. Der Mikrocephale von Jena steht am niedrigsten in der Liste. Seine Zahl, 63.1, ist nahezu identisch mit der des Schimpansen. Dann folgen drei weitere Affenmenschen, und dann ein Pongo oder Gorilla aus dem Berliner Museum. Die Namen von vier weiteren Affenmenschen stehen zwischen dem Menschenaffen und dem Menschen mit durchschnittlichem Gehirn. Wir finden also, soweit diese Messung in Betracht kommt, zwei Menschenaffen unter den Affenmenschen.

Viertes Kapitel.

Das Gehirn.

Dies letzte Kapitel wird der Betrachtung des Organs gewidmet sein, welches die meisten Schwierigkeiten für die Anti-Evolutionäre darbietet. Trotz der Thatsache, daß namentlich die Entwicklung des Gehirns das Mittel gewesen, wodurch sich der Mensch von dem Thiervorfahren, der ihm und den Menschenaffen gemeinsam war, entfernt hat, können wir nichtsdestoweniger unsere allgemeine Theorie mit Bezug auf dies Organ wie auf alle anderen aufrecht erhalten. Der Beweis, der jetzt gegeben werden soll, wird uns ebenfalls wieder zeigen, daß eine größere Verschiedenheit zwischen Affen und Affen als zwischen Affen und Menschen existirt.

Zuerst wollen wir gewisse Ausdrücke erklären; dann werden die charakteristischen Eigenschaften des Gehirns der Primaten im allgemeinen dargelegt, und die Gehirne jener Glieder dieser Ordnung, die niederer als die menschenähnlicher Affen sind, kurz betrachtet werden. Nach diesem werden wir die Gehirne der Anthropomorpha und des Menschen untersuchen.

I. Ausdrücke. Mit dem Gehirn ist es, wie mit dem Skelett; Derjenige, welcher bereits mit den erforderlichen anatomischen Thatsachen vertraut ist, wird größeren Vortheil daraus ziehen, als der gewöhnliche Leser. Nichtsdestoweniger glaube ich, daß jeder Mensch von gewöhnlicher Intelligenz im Stande sein wird, alle angeführten Thatsachen zu verstehen, wenn er nur den nachstehenden Ausführungen aufmerksam folgt.

Das Rückenmark, das durch das Hinterhauptsloch in die Basis des Schädels eintritt, erweitert sich in diesem zum Gehirn. Dieses Organ zerfällt in drei Haupttheile, mit denen allein wir uns zu beschäftigen haben. Sie sind: 1. das eigentliche Gehirn oder Cerebrum, welches beim Menschen das ganze übrige Gehirn bedeckt; 2. die Ganglien oder Anschwellungen an der Basis des Cerebrum; 3. das Cerebellum, kleine oder hintere Gehirn, welches unter dem hinteren Theile des Cerebrum liegt.

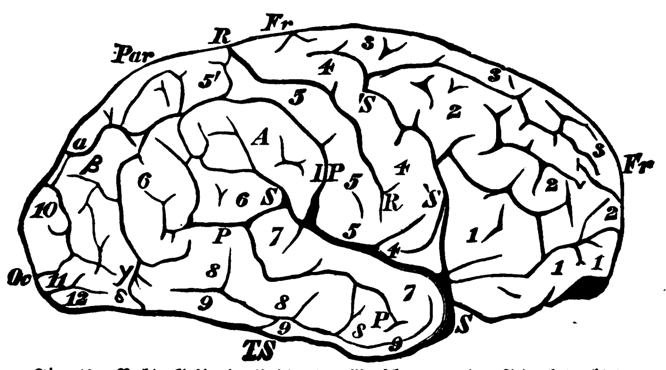


Fig. 12. Rechte Gehirnhemisphäre des Menschen, von der Seite betrachtet.

a) Das Cerebrum oder große Gehirn. Dieses, bei weitem der größte Theil des Gehirns, zerfällt in zwei Hälften, Hemisphären genannt, eine rechte und eine linke. In jeder derselben finden wir an der äußeren Oberfläche Spalten, Lappen und Windungen, auf der Innenseite dagegen Höhlen.

1. Die Spalten. Außer dem einen tiefen mittleren Längsspalt, welcher die rechte Hälfte des Gehirns von der linken trennt, finden wir noch folgende in jeder Hemisphäre. α) Der Sylvische Spalt (Fig. 12, S). Dieser läuft von einem Punkt an der Basis des Gehirns, der ungefähr $^1/_3$ der

Gehirnlänge von dessen vorderem Ende entfernt ist, aufwärts und rückwärts. Auf diese Weise trennt er einen Theil des Gehirns, der hinter und unter ihm liegt (den Schläfenlappen [TS]) von einem größeren Theil, der vor und über ihm liegt. β) Der Rolando-Spalt (R). Dieser trennt den größten Theil, der vor und über dem Sylvischen Spalt liegt, in zwei Theile. Indem er nahezu senkrecht von oben nach unten läuft, trennt er den Stirnlappen (Fr) vor ihm von dem Scheitellappen (Par) hinter ihm. γ) Innerer

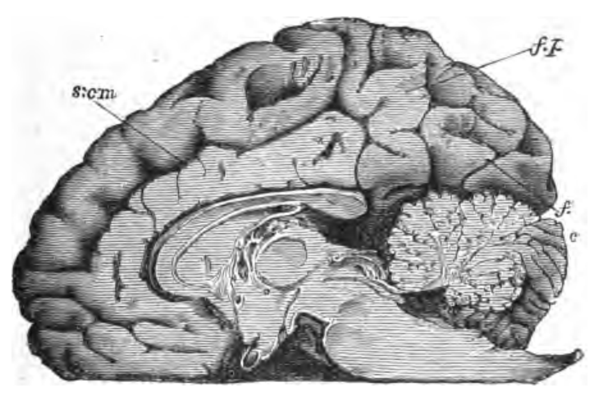


Fig. 13. Längsschnitt durch das Gehirn des Gorilla.

Querspalt. Dieser kann nur an der inneren Seite jeder Hemisphäre gesehen werden. Wenn man die Hemisphären gewaltsam trennt und die innere Seite einer derselben untersucht, sieht man in ihrem rückwärtigen Theil einen Spalt, der senkrecht läuft (er ist sichtbar auf Fig. 13, f. p.) und einen kleinen hinteren Lappen, den Hinterhauptlappen, von dem vorderen Scheitellappen abgrenzt. Es giebt noch einen anderen Spalt, doch kommen für unseren Zweck nur die drei eben beschriebenen in Betracht.

2. Lappen. Diese sind in der Hauptsache eben beschrieben worden. Sie sind meistentheils nach den entsprechenden Knochen des Schädels benannt, und zwar auf jeder Seite: α) der Stirnlappen (Fig. 12 Fr), begrenzt nach hinten durch den Rolando-Spalt; β) der Scheitellappen (Fig. 12 Par), der nach vorn durch den Rolando-Spalt, nach unten und hinten in gewisser Ausdehnung durch den Sylvischen Spalt begrenzt wird, während er an seinem oberen hinteren Theil in den Hinterhauptlappen (Fig. 12 Oc) äußerlich ohne jede scharfe Abgrenzungslinie übergeht; γ) der Schläfenlappen (TS), vorn und oben durch den Sylvischen Spalt begrenzt, nach rückwärts ebenfalls äußerlich in den Hinterhauptlappen übergehend. δ) der Hinterhauptlappen (Oc), am hinteren Theil der Hirn-Hemisphäre, an der inneren Seite von dem Scheitellappen durch den inneren Querspalt getrennt; ε) der Zentrallappen oder die Reil'sche Insel, welche tief am Grunde des Sylvischen Spalt liegt.

3. Windungen. Die äußere Oberfläche jeder Hirn-Hemisphäre zeigt gewisse Windungen oder Falten, welche durch Furchen getrennt sind. Die meisten Windungen, mit welchen wir uns beschäftigen werden, brauchen nur durch den Namen des besonderen Lappens, zu dem sie gehören, bezeichnet werden. Einige jedoch, die für die Entwicklungslehre von Bedeutung sind, müssen wir besonders erwähnen. Die zwei Windungen, welche den Rolando-Spalt begrenzen, werden die aufsteigende Stirnwindung (vor dem Spalt) (Fig. 12, 4) und die aufsteigende Scheitelwindung (hinter dem Spalt) (Fig. 12, 5) genannt. Die supramarginale Windung (Fig. 12 A) ist ebenfalls von großer Bedeutung. Es ist die Windung, deren Anwesenheit ein so hervorragender Mann, wie Gratiolet, als dem menschlichen Gehirn ausschließlich eigen betrachtete. Diese Windung oder Lappen liegt über dem oberen und



hinteren Ende des Sylvischen Spalts, und gehört daher zu dem Scheitellappen. Beim Menschen und einigen seiner Verwandten sind die Hauptwindungen durch kleine Stückchen Nervengewebe an gewissen Theilen des Gehirns mit einander verbunden. Diese Verbindungsstücke werden Uebergangs-Windungen genannt. (Auf Fig. 12 bezeichnet mit α, β, γ, δ — notabene das γ ist schlecht ausgefallen und sieht mehr einem y ähnlich.)

4. Höhlen. Innerhalb der Hirn-Hemisphären befinden sich zwei Höhlen, eine auf jeder Seite, welche Seiten-Ventrikel genannt werden. Ventrikel heißt in der Sprache der Anatomie eine Höhle. Diese beiden Ventrikel, mit anderen Höhlen innerhalb des Gehirns, sind die Ueberbleibsel der primitiven Furche, welche zuerst in dem Säugethier-Embryo an der Stelle erscheint, die später den Rückentheil bildet. Jede Seiten-Ventrikel hat je einen Ausläufer oder ein Horn nach vorne, abwärts und rückwärts. Das vordere Ausdehnungs-Horn läuft in den Stirnlappen. Der Ausläufer nach unten (das Mittelhorn) erstreckt sich in den Schläfenlappen. Das hintere Horn läuft in das Hinterhirn. Der mittlere Raum der Seitenventrikel entspricht dem Scheitellappen.

b) Die Gehirn-Ganglien. Dieses sind gewisse Massen von Nervengewebe, unterschieden und überdeckt von den Hirn-Hemisphären. Die einzigen, mit denen wir uns zu beschäftigen haben, sind die Hippocampi, die Corpora striata, die Thalami optici, die Corpora albicantia und die Geruchslappen.

In dem mittleren oder abwärts gehenden Horn ist eine Anschwellung des Nervengewebes, welche nach ihrer sonderbaren Gestalt hippocampus (Seepferd) major genannt wird; in dem hinteren Horn ist eine ähnliche Anschwellung, der

hippocampus minor. Endlich, in der mittleren Höhle der Ventrikel sind zwei Anschwellungen der Nervenmasse, welche als corpus striatum (gestreifter Körper), die vordere, und thalamus opticus (der Sehhügel) die hintere, bekannt sind.

Die corpora albicantia (weißliche Körper) sind zwei runde, weiße Nervenmassen, die an der Mitte der Gehirnbasis sichtbar sind; die Geruchslappen sind zwei Ganglien, die in Beziehung zum Geruchssinn stehen, und unter den Stirnhirnlappen und über den Nasenhöhlen liegen.

c) Das Cerebellum ist das bereits erwähnte kleine oder hintere Gehirn. (Es ist sichtbar auf Fig. 14 mit C bezeichnet.)

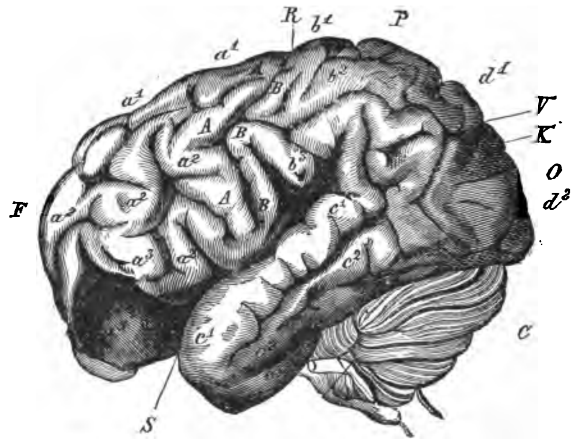


Fig. 14. Gehirn des Orang, von der linken Seite betrachtet.

II. Das Gehirn der Primaten im Allgemeinen. Die bestimmten charakteristischen Eigenschaften des Gehirns der Primaten, durch welche es anatomisch von dem der anderen Säugethier-Ordnungen unterschieden ist, sind die folgenden: a) Die Querlage der Windungen. Die Windungen des Gehirns liegen nicht schräg oder schief zur Längsachse,

wie beim Pferde, noch mit derselben parallel, wie beim Hunde; ihre Hauptrichtung geht senkrecht gegen die Längenachse des Gehirns. b) Das Fehlen der corpora trapezoidea, oder trapezförmigen Nervenmasse, in Verbindung mit der medulla oblongata, dem verlängerten Rückenmark, einer Anschwellung desselben, wo es sich mit dem Gehirn verbindet. c) Zwei corpora albicantia an Stelle des einzigen Zentralkörpers, welcher diese bei den niederen Säugethieren darstellt. d) Ein Hinterhauptlappen. e) Das Fehlen zusätzlicher äußerer Auswüchse von Nervengewebe an der unteren Fläche des Schläfenhirnlappens. f) Die Geruchslappen laufen nie weit genug rückwärts, um über den Sylvischen Spalt hinaus zu reichen. g) Ein Zentrallappen oder Reil'sche Insel. h) Die Seiten-Ventrikel erstreckt sich nicht in den Geruchslappen, dagegen in den Hinterhauptlappen, und zeigt in dem hinteren Horn, das in den Hinterhauptlappen übergeht, eine Anschwellung, den hippocampus minor.

III. Das Hirn bei den Lemuridae bis zu den Cynomorpha. Die eben gegebenen acht charakteristischen Eigenschaften dienen uns dazu, das Gehirn der Primaten von dem der anderen Säugethiere zu unterscheiden. Einige Bemerkungen über die Gehirne der Glieder dieser Ordnung, die niedriger als der Gibbon stehen, sollen nun folgen.

Lemuridae. Diese niedersten Primaten weisen allerdings alle eben gegebenen Merkmale auf, aber die verhältnißmäßig niedere Entwicklung ihrer Gehirne wird doch gezeigt durch a) das Hervorragen der Geruchslappen vor, und des Kleingehirns hinter den Hirn-Hemisphären; diese letzteren sind nicht genügend entwickelt, um, wie beim Menschen, die Geruchslappen und das Kleingehirn zu bedecken; b) der Hinterhauptlappen mit dem in ihm befindlichen hinteren Horn und dem hippocampus minor ist rudimentär; c) die Hirn-

Hemisphären sind ganz glatt, oder blos mit Spuren beginnender Windungen versehen; d) der Sylvische Spalt ist der einzige, der vorhanden ist, in der Regel jedoch nur schwach angedeutet.

Der Seidenaffe. Hier ist das Kleinhirn von den Hirn-Hemisphären bedeckt, obgleich die Geruchslappen noch theilweise entblößt sind; der Hinterhauptlappen ist thatsächlich größer geworden; das Kleinhirn ist nahezu glatt, jedoch nicht ganz ohne Windungen, der Sylvische Spalt ist größer, als bei den Lemuridae, und eine Spur des Rolandospalts, zwischen dem Stirn- und den Scheitellappen, wird jetzt sichtbar. Der Zentrallappen oder die Reil'sche Insel fehlt.

Bei den *Platyrrhinae* haben wir einen weitern Fortschritt. Das Kleinhirn und die Geruchslappen sind gewöhnlich beide bedeckt, und obgleich beim Brüllaffen die Hirn-Hemisphären nahezu glatt und der Hinterhauptlappen klein ist, so sind doch viele der Windungen, die wir im menschlichen Gehirn sehen, vorhanden; ebenso der dritte der Hauptspalte, der Querspalt, welcher den Hinterhauptlappen begrenzt. Die *Cynomorpha* haben alle die wichtigsten Furchen und Windungen der Stirn- und Seitenlappen und den Anfang der Hinterhauptwindungen. Die Stirnlappen sind ebenfalls runder und weniger gespitzt als bei den Platyrrhinae.

IV. Wir gehen nun zum letzten und wichtigsten Theil dieser Untersuchung über. Dies ist die Vergleichung des Gehirns der Menschenaffen und des Menschen. Dieser Gegenstand soll unter den folgenden Rubriken behandelt werden: Die Größe und das Gewicht des Gehirns, seine Gestalt, die Zahl und die Anordnung seiner Spalte und die Art der Windungen.

1. *Größe und Gewicht.* Diese sind schon bereits in „die Abstammung des Menschen," Seite 89, betrachtet worden,



doch sollen hier noch einige ergänzende Thatsachen gegeben werden. Ueber das Gewicht braucht nur noch wenig zu dem bereits Gesagten hinzugefügt zu werden; mit Bezug auf die Größe des Gehirns ist jedoch noch viel zu sagen. Was das Gehirngewicht anbelangt, so müssen wir sein Verhältniß zum Körpergewicht erwähnen. Bei den Anthropoiden ist dies Verhältniß am geringsten bei dem niedrigsten derselben, dem Gibbon. Ich kann jedoch leider keine Zahlen finden, welche dies Verhältniß beim Gibbon und dem Gorilla genau ausdrückten. Wir haben indessen die Zahlen für den Orang, den Schimpansen und den Menschen. Bei dem Orang, der von dem verstorbenen Professor Rolleston untersucht wurde, war das Gewicht des Körpers 22,3 Mal so groß, als das des Gehirns. Bei dem von Professor Marschall untersuchten Schimpansen war der Körper 19 Mal so schwer, als das Gehirn. Beim Menschen ist das durchschnittliche Verhältniß des Körpergewichts zum Gehirngewicht gleich 36 zu 1. Sämmtliche drei Zahlen sind günstiger für die Primaten mit Bezug auf die Gehirnentwicklung, als die der meisten andern Thiere. So ist das durchschnittliche Verhältniß des Körpers zum Gehirngewicht in der Klasse der Säugethiere 186 zu 1, bei Vögeln 212 zu 1, bei Reptilien 1321 zu 1, bei Fischen 5628 zu 1. Wir dürfen jedoch nicht zu großen Nachdruck auf diese Zahlen legen, da bei einigen kleinen Wirbelthieren das Verhältniß ein höheres ist als selbst bei den Primaten. So ist das Verhältniß bei der Feldmaus 31 zu 1, beim Goldfinken 24 zu 1, bei der Blaumeise 12 zu 1. Nichtsdestoweniger ist die Thatsache von Bedeutung, daß wenigstens bei zwei der Menschenaffen das Gehirn im Verhältniß zum Körper ein größeres Gewicht hat, als beim Menschen.

In den jetzt zu gebenden Messungen folge ich dem schon früher befolgten Plan, und vergleiche einige der niedersten

Formen des Menschen mit den menschenähnlichen Affen. Die zwei Vergleichungen, die nun folgen, beziehen sich auf die Gehirn-Oberfläche und auf die Gehirngröße.

Totale Gehirn-Oberfläche.

Jacques Mögle .	7813	Quadratmillimeter.
Mähler	8014	"
Kind	9040	"
Schimpanse . . .	9300	"
Schüttelndreher .	9399	"
Racke	14,482	"
Neger	24,705	"
Weißer	25,155	"

Setzen wir die Durchschnittsoberfläche des Gehirns des Weißen gleich 100, so ergiebt sich als verhältnißmäßige Zahl für

den Schimpansen 33
den Mikrocephalen (durchschnittlich) . . 44,6

Diese Tabelle zeigt die wirkliche Ausdehnung der Oberfläche der Hirn-Hemisphären Man wird bemerken, daß das Gehirn eines normalen Europäers eine Oberfläche von ungefähr 25,000 Quadrat-Millimetern hat. Die Oberfläche des Negergehirns ist nicht viel geringer an Ausdehnung. Wir finden ebenfalls einen Unterschied von mehr als 10,000 Quadrat-Millimetern zwischen dem Neger und Ludwig Racke in dieser besonderen Messung, und Racke selbst hat 5000 Quadrat-Millimeter mehr als irgend ein andrer der beobachteten Affenmenschen. Dies mag theilweise daher rühren, daß Racke epileptisch war, und in Fällen der Epilepsie ist das Gehirn oft ungewöhnlich groß, obgleich diese größere Masse wahrscheinlich nicht einer Vermehrung der Quantität guter Gehirnsubstanz, sondern dem Wachsthum einer geringern Substanz geschuldet ist. Ein anderer bemerkenswerther Punkt ist der,

daß die Oberfläche des Gehirns des Kindes viel geringer in der Ausdehnung ist, als die des Erwachsenen, obgleich, wie wir wissen, die Größe und die Masse der beiden Gehirne nicht sehr differiren. Die Entwicklung des Gehirns ist nicht so sehr ein Anwachsen der Größe, als ein Wachsen der Komplizirtheit des Baues.

Für unsere gegenwärtige Untersuchung indessen ist die wichtigste Zahl die 9300 Quadrat-Millimeter des Schimpansen. Diese Zahl steht in der Mitte zwischen denen, die sich auf das Gehirn der Affenmenschen beziehen. Die verhältnißmäßige Stellung des erwachsenen Menschen zum Menschenaffen und zum anormalen Menschen wird am besten durch die drei Zahlen gezeigt, welche am Ende dieser Tabelle gegeben sind. Wenn wir 100 nehmen, als die durchschnittliche Gehirnoberfläche in der weißen Rasse darstellend, so repräsentiren 44.6 den Durchschnitt der totalen Gehirnoberfläche in solchen Mikrocephalen, die wir untersucht haben, und 33 die Gehirn-Oberfläche eines durchschnittlichen Menschenaffen. Die Differenz-Zahl (100 — 44,6 = 55,4) zwischen den zwei Arten von Menschen ist nahezu fünf Mal so groß als die Differenz-Zahl (44,6 — 33 = 11,6) zwischen dem niederen Menschen und dem Affen.

Geräumigkeit des Gehirnschädels.

Es besaßen eine Geräumigkeit des Gehirnschädels von	Australier.	Neger.	Alte Egypter.	Pariser des 12. Jahrhunderts.	Pariser des 19. Jahrhunderts.
1200—1300 Kubik-Centimeter	45.0 %	7.4 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
1300—1500 „	45.0 %	68.6 %	54.0 %	44.8 %	24.7 %
1500—1700 „	10.0 %	24.0 %	45.4 %	50.7 %	63.6 %
1700—1900 „	0.0 %	0.0 %	0.0 %	4.5 %	11.7 %
	100	100	100	100	100

Mikrocephalen.

	Name.	Alter.	Gehirngehalt.
1.	Gottfried Möhre	44	555 kbcm.
2.	Michel Sohn	20	370 „
3.	Friedrich Sohn	18	460 „
4.	Konrad Schüttelndreyer	31	370 „
5.	Mikrocephale von Jena	26	350 „
6.	Ludwig Racke	20	622 „
7.	Margarethe Mähler	33	296 „
8.	Jean Mögle	15	395 „
9.	Jacques Mögle	10	272 „
10.	Jean Georges Mögle	5	480 „

Von allen Messungen sind die in der letzten Tabelle gegebenen die wichtigsten. Ich habe jedoch zum Zweck der Vergleichung vor die Zahlen, welche die Geräumigkeit der Hirnschale von zehn Mikrocephalen darstellen, in einer andern Tabelle die Resultate der Messungen Paul Broca's an einer Anzahl von Schädeln der verschiedenen Rassen gestellt.

Broca's Zahlen erheischen eine Erklärung in einigen Einzelheiten. Der große französische Anthropologe hatte Gelegenheit, eine große Anzahl von Schädeln zu untersuchen, die aus den Pariser Kirchhöfen und unter einem Hause, dessen Erbauung sicherlich bis zur Zeit Philipp August II. (1180—1223) zurückdatirte, ausgegraben wurden. Die letzteren sind in der obigen Tabelle als Pariser des 12. Jahrhunderts klassifizirt. Wie der Typus der Rasse fortschreitet, schreitet auch die Gehirngröße fort. Einen Rauminhalt von 1200 bis 1300 Kubikcentimeter finden wir nur bei Schädeln zweier der niedrigsten Rassen, der Australier und Neger. Zwischen 1300 und 1500 kbcm. enthalten nahezu die Hälfte der Schädel der Australier und der Pariser des 12. Jahrhunderts; mehr als die Hälfte der der Neger und Egypter.



und weniger als ein Viertel der des jetzigen Typus. Zwischen 1500 und 1700 kbcm. haben ein Zehntel der Australierschädel (und diese sind sämmtlich unter 1600 kbcm.), ungefähr ein Viertel der Negerschädel, nahezu die Hälfte der der Egypter, ungefähr die Hälfte der der alten Pariser und beträchtlich mehr als die Hälfte der Pariser Schädel von heute. Nur der Rauminhalt der Pariser Schädel übersteigt 1700 kbcm., und von den modernen Menschen überschreiten diese Grenze mehr als zweimal so viel Procent, als von ihren Vorfahren aus dem 12. Jahrhundert.

Auch in diesen Fällen normaler Menschen gilt unsere frühere Regel. Die Geräumigkeit des Gorillaschädels beträgt oft 600 kbcm. Der Unterschied zwischen dieser Zahl und 1200 ist gleich 600. Der Unterschied jedoch zwischen den 1200 kbcm. (Australier) und 1900 kbcm. (Europäer) = 700.

Daß der Abstand zwischen den verschiedenen Gliedern des Menschengeschlechts größer ist als zwischen diesen und den Anthropoiden, zeigt sich noch deutlicher in der zweiten Tabelle, in welcher der Rauminhalt einiger Mikrocephalenschädel verzeichnet ist. Jedes dieser von menschlichen Eltern geborenen Wesen, mit Ausnahme von Ludwig Racke, hat eine geringere Geräumigkeit des Gehirnschädels, als im Durchschnitt der Gorilla; und in einem Falle, dem der erwachsenen Margarethe Mähler, ist sie um die Hälfte geringer, als die des Anthropoiden.

Der Fall von Ludwig Racke ist bereits als ein ausnahmsweiser angeführt worden. Lassen wir diesen außer Acht, so bleibt die erstaunliche Thatsache, daß normale menschliche Eltern Wesen geboren haben, deren Gehirngröße weit niedriger ist als die der nächsten Verwandten des Menschen. Der Unterschied zwischen den 296 kbcm. der Margarethe Mähler und den 1900 kbcm. einiger der jetzigen Pariser ist

über 1600. Und doch sind beide Glieder des Menschengeschlechts.

2. Gestalt. Das menschliche Gehirn ist, um einen alltäglichen Ausdruck zu gebrauchen, fast ebenso breit als es lang ist, und hat in einigen Fällen eine nahezu kreisrunde Form. Andererseits sind die Gehirne der niederern Primaten verhältnißmäßig länger als breit. Die der Anthropomorpha zeigen, wie gewöhnlich, charakteristische Eigenthümlichkeiten, welche näher mit dem menschlichen als dem Gehirne der Catarrhinae verwandt sind, und in einigen Fällen überragen sie wirklich das menschliche Gehirn. Der Schimpanse hat ein ovales (eiförmiges), doch etwas kurzes und breites Gehirn. Das Gehirn des Gorilla (Fig. 13) ist weniger oval, als das des Schimpanse und verhältnißmäßig breiter, als das irgend eines anderen Anthropoiden. Während der Orang (Fig. 14) in gewissen Einzelheiten vom Menschen mehr als dessen und seine Verwandten abweicht, nähert er sich ihm wieder in anderen. Die schnabelförmigen Stirnlappen (Fig. 14, F) machen den Umriß des Orang-Gehirns viel weniger dem menschlichen ähnlich, als die Umrisse der der anderen zwei Menschenaffen sind. Das oben erwähnte Ueberragen wird durch einen Bericht von Marschall („Philosophical Transactions", 1884) über das Gehirn eines von ihm sezirten Buschweibs dargethan, welches er als „lang, schmal und oval" beschreibt.

In einem sehr wichtigen Punkte jedoch steht der Orang vor allen Menschenaffen am höchsten und zwar in dem Mangel der Symmetrie der zwei Hälften seines Gehirnes. Die Windungen der rechten und linken Hemisphäre stimmen nicht genau überein. Dies ist ebenso der Fall in einem noch ausgeprägteren Grade in dem Gehirn des Menschen. Hier ist die Ungleichheit bemerklicher, als in irgend einem der

Anthropomorpha, bei denen allen sie jedoch zu sehen ist. — Giebt es irgend einen Grund für diesen Mangel an Symmetrie in der Anordnung der Gehirnwindungen der höheren Primaten? Die Ansicht Bastian's ist, daß diese Thatsache mit einer funktionellen Ungleichheit zwischen den beiden Hemisphären zusammenhängt. Diese Ansicht erhellt manchen dunkeln Punkt. Vielleicht könnte sie noch ergänzt werden durch eine andere, auf welche eine Stelle bei Häckel führt. „Daß das menschliche äußere Ohr ein rudimentäres Organ ist", sagt er, „wird durch die außerordentlichen Verschiedenheiten in seiner Größe und Gestalt dargethan." Vielleicht dürften diese Verschiedenheiten besser dadurch zu erklären sein, daß der Gehörsinn in der gegenwärtigen Zeit großen Abänderungen unterliegt. Variationen in seiner funktionellen Thätigkeit sind sehr häufig und verschiedenartig. Wir haben die verschiedensten Schulen und Richtungen in der Musik, die das Ohr im Allgemeinen langsam zu einer schärferen Unterscheidung der Töne, komplizirterer Melodien und feinerer Nuancen erziehen. Da die Funktion des Gehörs der Variation und Evolution unterliegt, so ist auch das Organ des Gehörs (nicht nur sein äußerer, sondern auch sein innerer Theil) variirend und erscheinen daher Verschiedenheiten der Form bei den verschiedenen Individuen und sogar Verschiedenheiten an den beiden Ohren desselben Kopfes.

Die Anwendung dieser Ausführungen auf die Unsymmetrie des Gehirns der höchsten Primaten ist augenscheinlich. Wie wir schon früher sagten, bestand ihre Entwicklung vorzüglich in einem Fortschreiten im Bau ihres Gehirns, und wenigstens einer von ihnen, der Mensch, schreitet noch stets in dieser Richtung fort. Da seine Funktionen variiren, muß natürlich auch das Organ variabel sein. Und dies ist der Fall

nicht nur bei den beiden Seiten desselben Gehirns, sondern auch bei verschiedenen Individuen, gerade so, wie wir es bei dem Ohr gesehen. Ich will zur Bestätigung dieser Annahme einen Satz Rolleston's anführen, den dieser mit Bezug auf einen besonderen Theil des Gehirns aussprach, der jedoch von allgemeiner Gültigkeit ist. „Bei den höheren Spezies der . . . . Menschenaffen, wie bei den höheren Varietäten der Spezies Mensch, finden wir Variation als Regel, Gleichmäßigkeit als Ausnahme; bei den niederen Spezies, wie bei den niederen Varietäten des Menschen herrscht das Umgekehrte vor." Ich kann dieses interessante Thema nicht verlassen, ohne noch den Leser daran zu erinnern, daß diese Unsymmetrie nicht nur bei allen Anthropoiden zu finden ist, sondern daß sie bei den niederen Menschenrassen nur wenig besser, wenn überhaupt, ausgeprägt ist, als bei den Anthropomorpha, daß sie aber bei den zivilisirtesten Rassen und wieder bei den höchststehenden Individuen dieser Rassen am schärfsten entwickelt ist.

3. Spalte. Ich will zuerst den Leser nochmals an die Namen und Lagen derselben erinnern. Wenn wir den Längsspalt, der die beiden Hemisphären trennt, außer Acht lassen, so zeigt uns das Gehirn aller höheren Primaten auf jeder Seite den Sylvischen Spalt (Fig. 14, S), der aufwärts und rückwärts zwischen dem Stirnlappen (F) und dem Schläfenlappen läuft; der des Rolando (R) läuft nahezu senkrecht zwischen dem Stirnlappen (F) und Scheitellappen (P); der, welcher als der innere Querspalt bekannt ist, läuft an der inneren Seite jeder Hemisphäre entlang, wo diese mit ihrem Genossen in Berührung ist, und trennt die Scheitel- von den Hinterhauptlappen. Es mag hier noch angeführt werden, daß in manchen Fällen mit dem letzteren korrespondirend ein äußerer Spalt zu sehen ist, dessen An-

wesenheit jedoch eine vergleichsweise Niedrigkeit der Gehirn-Organisation anzeigt. So hat der zu den Catarrhinae gehörende Aethiopische Affe einen äußeren Querspalt. Dieser ist ebenfalls gut ausgeprägt beim Gibbon, dem Schimpanse und dem Gorilla. Beim Orang ist derselbe indessen kürzer und weniger sichtbar, und beim Menschen nur sehr schwach vorhanden. Selbst an einem nicht besonders wichtigen Punkt, wie diesem, kann der Leser beobachten, wie allmälig die Abstufung vor sich geht.

Neben diesen Spalten, die sich, wie wir gesehen, bei Primaten zeigen, die niedriger als die menschenähnlichen Affen stehen, erscheinen noch zwei neue. Diese sind der calloso-marginale (Fig. 13, s, c, m) und der hippocampale (Fig. 13, f, c). Beide sind nur an der inneren Fläche der Hemisphäre zu sehen. Der calloso-marginale ist ein Spalt, welcher gerade über dem dicken, aus quer verlaufenden Nervenfasern bestehenden Band liegt, welches die beiden Hemisphären nahe an ihrer Basis mit einander verbindet und unter dem Namen corpus callosum (der Hirnbalken) bekannt ist. Seine Lage gerade über diesem Körper und am Rande (margo) der Hemisphäre ist durch seinen Namen ausgedrückt. Der hippocampus-Spalt liegt dicht bei jener Nervenmasse, dem hippocampus minor, welcher sich in dem hinteren Ausläufer (Horn) der Gehirn-Ventrikel in dem Hinterhirnlappen befindet. Er liegt hinter der Mitte der inneren Fläche der Hemisphäre und gerade an der Vereinigung jener inneren Fläche mit der unteren Oberfläche. Beide dieser neuen Einschnitte sind im Menschen vorhanden; beide erscheinen jedoch zuerst bei seinen Verwandten. Der Orang, Schimpanse und Gorilla haben alle einen kalloso-marginalen und einen hippokampalen Spalt auf jeder Seite.

Noch sind der Sylvische Spalt und der des Rolando zu

betrachten. Mit Bezug auf den ersteren ist der bemerkenswertheste Punkt der, daß seine Richtung immer horizontaler wird, je mehr wir in der der Primaten emporsteigen. (Vgl. Fig. 12 S und Fig. 14 S). Da dieser Spalt zwischen dem Stirn- und Schläfenlappen liegt, so folgt, daß je vertikaler seine Richtung ist, desto kleiner verhältnißmäßig der vordere Theil des Gehirns sein muß. Da jedoch die Richtung des Spalts von der nahezu vertikalen Richtung, parallel mit der des Rolandospaltes, wie wir sie bei den niederen Primaten sehen, übergeht in die fast horizontale Lage, welche er in dem menschlichen Gehirn angenommen hat, vergrößern sich die Stirn- und Scheitellappen, in welchen wahrscheinlich die höheren geistigen Funktionen ihren Sitz haben.

Wenn wir diesen Spalt in dem Gehirn der Menschenaffen untersuchen, finden wir ihn am wenigsten horizontal beim Gibbon, mehr beim Orang, noch mehr beim Schimpansen und Gorilla. Bei diesen letzteren ist seine Richtung nur sehr wenig von der Richtung des Spalts im Menschen verschieden.

Beim Rolandospalt (Fig. 14 R, Fig. 12 R) kommt mehr seine Lage als seine Richtung in Betracht. Je höher das Thier, desto weiter rückwärts liegt diese Gehirnspalte; desto größer ist das Verhältniß der Gehirnsubstanz vor ihr, verglichen mit der hinter ihr; desto größer ist, mit einem Wort, der Stirnlappen (Fig. 14 F, Fig. 12 Fr.), verglichen mit dem übrigen Theil des Gehirns. Beim Schimpanse und Gorilla nun liegt dieser Spalt ziemlich vor der Mittellinie des Gehirns. Nicht mehr als ein Drittel der Gehirnsubstanz liegt vor ihm. Beim Menschen andererseits liegt der Rolandospalt entweder ungefähr in der Mitte des Gehirns oder hinter der Mitte. Nicht weniger als die Hälfte der Gehirnsubstanz liegt vor ihm. In dem Gehirn des Orang jedoch nimmt der Rolandospalt eine Lage ein, die fast genau die Mitte zwischen der

Lage dieses Spaltes im Gehirn des Gorilla und der im Gehirn des Menschen darstellt.

4. Windungen. Zuerst einige Worte über die Windungen im Gehirn des Gibbon allein. Bei diesem niedersten der Menschenaffen entbehrt der Hinterhauptlappen fast jeder Windung, und die aufsteigenden Stirn- und Scheitelwindungen sind ganz rudimentär. Man wird sich erinnern, daß diese vor, respektive hinter dem Rolandospalt liegen. Und hier muß bemerkt werden, daß diese zwei Windungen ganz gut bei einigen Affen ausgeprägt sind, die niedriger als der Gibbon stehen. So zeigt der schon erwähnte Aethiopische Affe beide sehr deutlich. Beim Gibbon erscheinen auch die ersten Spuren der Uebergangs-Windungen.

Dieser und der supramarginalen oder Oberrand-Windung sollen unsere Schlußworte gelten. Zuerst über die Uebergangs-Windungen (Fig. 12, α, β, γ, δ). Beim Menschen finden wir im Allgemeinen zwei von diesen auf jeder Seite. Sie laufen über den Querspalt und verbinden so die Hinterhaupt- und Scheitellappen auf jeder Seite miteinander. Eine von ihnen liegt niedriger, in einer vertikalen Linie, als die andere.

Beim Schimpansen fehlt die erste oder obere der zwei Uebergangs-Windungen des Menschen, und die zweite oder niedere, obgleich vorhanden, liegt tief im Spalt und ist daher an der Außenseite nicht sichtbar.

Beim Gorilla ist die erste oder obere vorhanden, doch liegt sie tief und nicht an der Oberfläche; die zweite ist anscheinend nicht vorhanden.

Der Orang besitzt die erste und zwar, ungleich allen anderen Menschenaffen, an der Oberfläche und sofort dem Auge sichtbar. Die zweite fehlt indessen.

Der Mensch besitzt gewöhnlich sowohl die obere als die

untere auf jeder Seite, und beide an der Oberfläche. Jedoch keine von ihnen findet man ausnahmslos in jedem menschlichen Gehirn, und beim Orang, wo die erste oder obere in ihrer oberflächigen Lage der des Menschen ähnlich, ist sie dies auch in Bezug auf ihre Variabilität. Ueber diese Windungen sagte Rolleston die oben citirten Worte.

Zuletzt nun einige Worte über die Oberrand-Windung. Diese wurde, wie ich schon früher ausführte, als ein anatomischer Unterscheidungspunkt zwischen dem Menschen und seinen Verwandten betrachtet. Nach Gratiolet hat nur der Mensch eine Oberrand-Windung und kein anderer der Primaten. Wir wollen uns noch einmal der genauen Lage dieses Hirntheils erinnern (Fig. 12 A). Sie liegt am oberen Theil des Sylvischen Spalts und legt sich über diesen von vorn nach hinten. Die drei höchsten Menschenaffen haben in ihrem Gehirn diese Windung. Im Gehirn des Schimpansen ist sie aber noch rudimentär. Beim Orang ist sie voller entwickelt (Fig. 14, b³), und beim Gorilla, soweit dessen Gehirn bis jetzt untersucht, ist diese Windung, die von Gratiolet als das spezielle Vorrecht des Menschen betrachtet wurde, in einem noch bemerkenswertheren Grade vorhanden.

Mit diesen Entdeckungen verschwindet die letzte eingebildete Unterscheidung zwischen dem Menschen- und dem Affengehirn. In ihrem Gefolge verschwinden auch alle Traumgebilde von anatomischen Vorrechten des Menschen und ebenso die Ansicht, daß er als eine besondere Art geschaffen worden sei.

Druckfehler-Berichtigung.

Auf Seite 64, Zeile 10 von unten lies statt Cyanogen — Cyan.
„ „ 105, „ 11 von unten „ Wirbelthieren statt Säugethieren.
„ „ 123, „ 10 von oben „ Wirbelthierklasse statt Säugethierklasse.

Weltschöpfung und Weltuntergang

Die Entwicklung von Himmel und Erde

vom Standpunkte der Naturwissenschaft aus dargestellt

von

Paul Oswald Köhler



Stuttgart
Verlag von J. H. W. Dietz
1887.

Vorwort.

In der vorliegenden Schrift möchte ich den Wißbegierigen in möglichster Kürze eine allgemein verständliche und umfassende Darstellung der Weltentwicklung nach dem jetzigen Stande der naturwissenschaftlichen Erkenntniß an die Hand gegeben haben.

Es ist gewiß eine schwere Aufgabe, auch dem weniger Unterrichteten mittelst weniger Bogen Text ein tieferes Verständniß von großen weltverändernden Vorgängen zu verschaffen, doch mußte der Versuch hierzu gewagt werden in Anbetracht des dringenden Verlangens der Denkenden, eine ausreichende und bündige Antwort auf die immer wiederholte Frage zu erhalten: Wie ist die Welt entstanden? Manche Schriftsteller, die den nämlichen Gegenstand behandelten, machten sich die Sache sehr leicht; sie holten die verschiedensten Hypothesen herbei, rührten dieselben ohne große Kritik gehörig durcheinander und nannten den so entstandenen Brei eine populäre Geschichte der Weltentwicklung. Ich versuchte, mich von solcher Methode frei zu halten. Wohl stelle auch ich nach Erforderniß Theorien nebeneinander, die sich widersprechen, doch versäumte ich nicht, dann von festen Gesichtspunkten aus ein Urtheil zu geben, was sich der ganzen Darstellung harmonisch einfügt.

Uebrigens konnte sich die Darstellung nicht ausschließlich mit der Entwicklung von Himmel und Erde selbst beschäftigen, sollte sie a l l g e m e i n verständlich sein. Es durfte darum mit Erläuterungen aus den Gebieten verschiedener Wissenschaften

nicht gespart werden. Auch mußten die Lehren über die Entwicklung der Weltkörper überall die nöthigen thatsächlichen Stützen erhalten. Eine Anzahl nothwendiger Erklärungen wurden, sobald es im Interesse des Zusammenhanges des Textes selbst geboten erschien, zusammen mit verschiedenen Anmerkungen in einen Anhang verwiesen. Auf die Artikel dieses Anhanges wird im Text durch kleine Zahlen hingewiesen, welche den Nummern jener Artikel entsprechen.

Die Herren Fachgelehrten, denen diese Arbeit zu Händen kommen sollte, werden hier selbstredend vieles Bekannte finden; doch läßt mich der Inhalt meines Buches annehmen, daß auch sie es nicht aus der Hand legen werden, ohne manche Anregung empfangen zu haben.

Ich habe es meistens unterlassen, die von mir selbst herrührenden Gedanken und Hypothesen jedesmal als meine eigenen hervorzuheben. Andere Lehren, deren Urheber mir bekannt waren, habe ich dagegen durchweg mit den Namen derselben bezeichnet.

Religiöse Lehren und Mythen über die Entstehung der Welt ließ ich (mit Ausnahme einer kurzen Erwähnung im I. Abschnitt) gänzlich bei Seite, weil deren Besprechung nicht in eine wissenschaftliche Geschichte des Weltalls, sondern in die Geschichte der religiösen Anschauungen gehört.

Liegnitz, im September 1886.

Der Verfasser.

I. Abschnitt.

Die Wissenschaft der Kosmogonie.

In welcher Weise ist die Welt entstanden? Wird es einen Untergang derselben geben? Und warum, zu welchem Zweck ist sie eigentlich da?

Das sind gewaltige Fragen, eine immer gewaltiger noch als die andere. Dem schlichten Verstande will es schon ganz unmöglich erscheinen, auch nur über die wahre Beschaffenheit des Weltalls etwas Gewisses ermitteln zu können, Kunde zu erlangen über die unerreichbaren Gestirne da droben, über ihre Entfernungen, ihre Bestandtheile und ihre Zustände, über das wirkliche Verhältniß von Himmel und Erde. Noch mehr Schwierigkeiten darf man vermuthen bei der Beantwortung der Fragen nach dem Ursprung und der Zukunft des Weltalls. Was aber die letzte Frage anlangt, die nach dem eigentlichen Zweck dieser ganzen bewegten, kreisenden, wolkenumzogenen Welt — da gesteht wohl selbst der Philosoph[1]) bescheiden ein: Wir wissen es nicht und werden es nicht wissen.

Dem menschlichen Geiste gelingt es indessen, mit der Zeit aus der Lösung der einen Frage die Lösung der anderen zu finden. Sobald der Mensch weiß, daß die Erde, der Mond, die Sonne und die Sterne Kugeln sind, die allesammt nach bleibenden Gesetzen und Regeln durch den unendlichen Raum dahinschweben und daß sie, wie unsere Erde, aus Sauerstoff und Wasserstoff, aus Kiesel und Aluminium, aus Kalzium, Eisen und anderen Stoffen be-

stehen, sobald er die Gesetze erkannt hat, nach denen die Stoffe der Erde sich bewegen und umwandeln, erhitzen und abkühlen, anziehen und stoßen, nachdem er festgestellt, was ewig und unwandelbar in der Welt und was nicht — da ist auch die Möglichkeit gegeben, mit Erfolg nach der fernsten Vergangenheit und der spätesten Zukunft des Weltalls zu forschen. Am Ende vollbringt es die Philosophie, wenn sie alle unsere Erkenntnisse zusammenfaßt, das unergründlich scheinende Räthsel vom Zweck der Welt zu lösen.

Ein Ding der Unmöglichkeit war es hingegen für die Alten vor Hunderten und Tausenden von Jahren, etwas Bestimmtes über die Weltentwicklung und den Weltzweck auszusprechen. Die Wissenschaft wurde nicht auf übernatürliche Weise, etwa durch göttliche Offenbarung, mit einem Male in der Menschheit eingeführt, sondern sie entstand ganz allmälig; sie ist eine Aufhäufung, ein Aufbau von Erfahrungen, von darauf gestützten Schlüssen, für welche wieder neue Thatsachen als Beweise gesucht wurden und so fort bis in unsere Gegenwart herauf, und gar manches Geschoß dieses Gebäudes ist wieder abgerissen worden, wenn die Grundlage als unhaltbar und fehlerhaft sich erwies.

Aus diesem Grunde gab es eine Zeit, wo sich der Mensch über die einfachsten Dinge, geschweige über die Erde und das Weltall, gänzlich im Unklaren befand. Da erschien ihm das Kleine groß und das Große klein. Den Erdkörper hielt man für die eigentliche Hauptsache in der Welt, für ihren festliegenden Grund und Boden; alles Andere galt nur als Zubehör, als Verzierung und Hausrath der Erde. Sonne und Mond waren die große Tages- und die Nachtlampe der Welt; die Sterne hielt man für eine Art silberner und goldener Nägel, welche zum Vergnügen der Menschen in die „kristallene“ Himmelsdecke eingeschlagen seien und die

Höhe des Himmelsgewölbes über uns, wie die Entfernung der Lichter und Verschönerungsnägel wurden für gar nicht so über alle Begriffe bedeutend geschätzt, wie in späteren Zeiten bezüglich der Sterne erkannt werden sollte. Von den Gesetzen und Regeln der Naturerscheinungen wußte man wenig und nichts. Das Gegentheil des Gesetzes und der Regel ist aber die Willkür und so erblickte man überall nur die Wirksamkeit menschenähnlicher Gottheiten. Durch die Beobachtung der absichtlichen und willkürlichen Bewegungen und Thätigkeiten der Menschen und der Thiere verleitet, hielt man auch die Welterscheinungen allesammt für Willensausflüsse von gewaltigen Personen, und so wurde die ungründliche fehlerhafte Naturbetrachtung der fruchtbarste Boden für den Glauben an die Götter und das „höhere Wesen" und ist es bis heute geblieben.

Nichts natürlicher und nichts folgerichtiger nun, als die bekannte Ansicht: Die Welt sei von Gott oder den Göttern aus Nichts geschaffen und zwar lediglich für die Menschen. So blieb auch der Grundgedanke der alten Weltanschauungen der, daß Erde und Himmel der Menschheit wegen da seien, und — man sollte es nicht für möglich halten — diese Anschauung erhielt sich, selbst in wissenschaftlichen Kreisen, bis in unsere Zeiten, wo es längst allgemeinere Ueberzeugung wurde, daß nicht die Erde der Hauptkörper und der bedeutungsvolle Mittelpunkt der Welt, sondern ein vergleichsweise unendlich winziges Kügelchen ist, das sich mit einer Anzahl anderer Kügelchen um einen größeren Körper: die Sonne, bewegt, welche ihrerseits wieder keineswegs ein Hauptkörper des Weltalls, sondern eines der Milliarden Sternchen ist, die durch den Raum hin verstreut sind. Wir finden noch unter den Philosophen des vorigen und dieses Jahrhunderts hochberühmte Vertreter dieser Anschauung. Der vielgenannte

Philosoph Professor Joh. Gottlieb Fichte in Berlin z. B. (gest. 1814) lehrte noch, daß Gott die Welt „nach eigenem Plane und Grundgedanken" ausgeführt habe und daß die Menschheit „der erste und unmittelbare Gegenstand der göttlichen Absichten" sei.

Keines Sterblichen Auge hat eine Weltentstehung beobachtet. So lange Menschen Geschichte schreiben, gab es ein festes Erdenrund mit Bergen und Thälern, mit Meeren und Flüssen und mit dem Pflanzen- und Thierleben im Allgemeinen, wie heute, schien die Sonne und der Mond und wölbte sich Nachts derselbe glitzernde Sternenhimmel über der Erde. Aber der Wissenschaft ist es gegeben, auch das Unsichtbare und das Niegesehene zu sehen, zu erkennen. Entdeckten nicht Priestley, Scheele und Lavoisier den Sauerstoff, ohne diesen Stoff jemals gesehen zu haben? Erkannte nicht 1846 Leverrier in Paris (ebenso der Engländer Adams) in seinen Berechnungen „mit der Spitze seiner Feder", um Arago's Wort zu gebrauchen, den Planeten Neptun, sodaß Galle in Berlin den Weltkörper richtig an der Stelle des Himmels als kleines Sternchen auffinden konnte, die Leverrier ihm bezeichnet hatte? Der Astronom[2]) vermag z. B. heute ziemlich genau anzugeben, an welchem Tage vor hundert, vor tausend Jahren eine Mond- oder eine Sonnenfinsterniß stattfand und ebenso, wann derartige Begebenheiten in später Zeit eintreten werden. So lassen sich auch aus den verschiedensten Thatsachen, aus der Beschaffenheit der Sternenwelt, wie aus den Schichten unserer Erde, aus dem Verhalten der Stoffe und Kräfte im physikalischen Kabinet, wie aus den wechselnden Erscheinungen am Himmel Schlüsse ziehen in Bezug auf Weltzustände, unter welchen noch kein irdisches Menschengesicht zu einem Sternenhimmel auffah.

Die Kosmogonie oder die Wissenschaft von dem Ursprung

des Weltganzen ist nun mehr als jede andere von dem jeweiligen Stande der gesammten Naturwissenschaften, der Astronomie, der Physik und Mechanik[3]), der Chemie[4]), der Geologie[5]) und Mineralogie[6]) und nicht zum wenigsten der Mathematik[7]) abhängig. Aber alle diese Wissenschaften entwickelten sich zu ihrem größten Theil erst in den letzten Jahrhunderten.

Die Astronomie der Inder und Chinesen, der Babylonier und Aegypter, Araber und Mongolen beschränkte sich im Wesentlichen auf die Beobachtung und Notirung der scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper. Zwar zeichnete sich der hellenisch-europäische Geist schon vor 25 Jahrhunderten dadurch aus, daß er über die Grenzen der unmittelbaren Beobachtung hinweg zu der Kenntniß der wahren Erd- und Weltgestalt zu gelangen suchte. Sowie nämlich zu einem Hausbau nicht nur Baumaterial, sondern auch das menschliche Nachdenken und die Benutzung der Bausteine für den Zweck des Gebäudes gehört, so ist zu einem wirklichen Gebäude der Wissenschaft mehr als nur die thatsächliche Erfahrung erforderlich, das heißt: auch die Gedankenarbeit der Spekulation, welche die erfahrenen Thatsachen zu weiteren Erkenntnissen verarbeitet. Nur auf diese Weise konnte sich das wissenschaftliche und erfindende Leben der europäischen Menschheit entwickeln. Ohne Spekulation hätte es keinen Koppernikus und Newton, keinen Galilei und Laplace, von welchen Männern wir noch sprechen werden, gegeben und ohne Gedankenarbeit wären wir noch auf dem Standpunkt der Chinesen, die trotz ihrer vieltausendjährigen Geschichte erst heute dazu kommen, Eisenbahnen, Maschinenwesen, Telegraphie u. s. w. von uns her einzuführen. Aber der erfreuliche südeuropäische Anlauf zu einer wissenschaftlichen Entwicklung wurde durch die hereinbrechende Völker-

wanderung, durch politische und religiöse Barbarei auf viele Jahrhunderte unterbrochen. Erst seit ungefähr 800 Jahren datirt die Fortsetzung der alten Entwicklung, wenngleich anfänglich unendlich spärlich und durch festgewurzelte religiöse Lehren verhindert und beeinflußt, um in den letzten drei bis vier Jahrhunderten sich in immer steigendem Maaße zu entfalten.

Geologie und Mineralogie kannte das Alterthum überhaupt nicht; diese Wissenschaften aber und vorzugsweise die Geologie sind wesentliche Stützen für die Kenntniß früherer Weltzustände geworden. Auch eine wissenschaftliche Chemie existirt erst seit etwa 200 Jahren, denn die Anfänge einer chemischen Technologie und Arzneikunde, welche wir bei Aegyptern, Phöniziern, Arabern, Griechen, Römern und anderen europäischen Völkerschaften geschichtlich vorfinden, unterscheiden sich nicht wesentlich von der Hüttenkunde und der Arzneiwissenschaft unserer heutigen afrikanischen Neger und haben mit wissenschaftlicher Chemie äußerst wenig gemein. Das Gleiche ist von der Physik zu sagen; nur von den Griechen sind Nachrichten über bemerkenswerthe Anfänge in physikalischer Wissenschaft auf uns gekommen.

Nach alledem ist es erklärlich, daß eigentlich wissenschaftliche Versuche, den Ursprung der Welt zu ergründen, erst in unseren Zeiten auftauchen konnten. Der Begründer der neueren Philosophie: der Franzose Descartes (auch Cartesius genannt, geb. 1596), scheint einer der Ersten gewesen zu sein, die einen natürlichen Ursprung der Welt zu ermitteln suchten. Er nahm an, es existirte anfänglich eine feste Urmasse, die zu irgend einer Zeit in Stücke zersprang, aus denen sich die Weltkörper bildeten. Bei dem deutschen Philosophen Leibnitz (geb. 1646) finden wir den Gedanken, daß die Erde sammt allen Planeten[8]) einstmals gleich der

Sonne leuchtende strahlende Körper gewesen wären, die im Laufe der Zeit ihre Wärme und Leuchtkraft verloren hätten. Als Cassini in Paris mittelst des unlängst erfundenen Fernrohres entdeckt hatte, daß der Planet Jupiter keine genaue Kugel, sondern etwas breitgedrückt (abgeplattet) sei, behauptete der bedeütende Engländer Newton (geb. 1643) dasselbe für die Erde und gab als Ursache dieser Gestaltung die ehemalige Flüssigkeit der Planeten an. So war eine höchst wichtige Anregung für eine Erdgeschichte gegeben. Die Entstehung des feuerspeienden Berges Monte nuovo bei Neapel im Jahre 1538 brachte den Italiener Lazaro Moro im vorigen Jahrhundert auf die Idee, daß die Erdoberfläche vorzugsweise durch vulkanische Vorgänge ihre gegenwärtige Gestalt erhalten habe; seine Hypothesen[9]) veröffentlichte er 1740. Von Lieberstein war mit seiner 1802 veröffentlichten Ansicht, daß die Planeten und Monde nichts Anderes, als bloße Ansammlungen von Meteoren und Sternschnuppen seien, der Vorläufer von Meydenbauer und Nordenskiöld unserer Gegenwart.

Mit Emanuel von Swedenborg, einem Schweden, (geb. 1688) holt der menschliche Geist zum ersten Mal weiter aus und stellt die Hypothese auf, daß Alles, was da ist, „am Anfang“ Nebel und Dampf gewesen wäre. So wurde Swedenborg der erste Vertreter der sogenannten Nebularhypothese. Sein Werk: „Prinzipien der Naturwissenschaft“ erschien in der damals gebräuchlichen lateinischen Sprache im Jahre 1734. Der Engländer Thomas Wright huldigte einer ähnlichen Idee und veröffentlichte 1750 in englischer Sprache seine „neue Hypothese über das Weltganze“. Fünf Jahre später erschien in Königsberg das Werk des deutschen Denkers Kant: „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“. Kant (geb. 1724) benutzte

hiernach Wright'sche Ideen und bildete die Hypothese der Entstehung der Welt aus einer gleichmäßig im Raum ausgebreitet und fein zertheilt gewesenen Urmasse weiter aus. Nach Kant war die Urmasse Dunst und fein zertheilter Stoff und aus ihr entwickelte sich nach Verdichtung zu einzelnen „Klumpen" die Sonne, die Planeten, die Monde, wie auch die übrigen Welten.

So wurde die wissenschaftliche Menschheit mit einer Menge Ideen über die Weltbildung — es wären außer den erwähnten noch viele andere von geringerer Bedeutung oder offenbarer Haltlosigkeit, wie die Whiston's, zu nennen — beschenkt, die befruchtend auf die weitere Entwicklung der Kosmogonie einwirken mußten. Mit Kant kann man die erste Epoche der Kosmogonie schließen, denjenigen Abschnitt, in dem bei der Ergründung des Weltendaseins noch mehr die Phantasie als die wissenschaftlichen Thatsachen bestimmend gewesen. Der großartige Aufschwung der beobachtenden Astronomie Ende des vorigen Jahrhunderts — es sei nur der ausgezeichnete Herschel (geb. 1738) genannt — und der gleichzeitige mächtige Fortschritt in Mathematik und Mechanik, besonders durch die Arbeiten französischer Denker getragen, hatten auch bald einige wichtige Hypothesen über die Weltbildung im Gefolge, unter denen die des bedeutenden französischen Mathematikers und Mechanikers Laplace (geb. 1749) über die Entstehung unseres Sonnensystems[10]) die wichtigste ist. Sie sollten der Ausgangspunkt für die neuere und gegenwärtige Kosmogonie werden. Auf diese neueren Hypothesen kommen wir später zurück.

Fragen wir, was die Kosmogonie leisten kann und was wir von ihr erwarten dürfen, so läßt sich folgende Antwort geben: Vor Allem wird die Kosmogonie uns zu zeigen haben, ob eine Entwicklung, Veränderung der Welt statt-

gefunden hat oder nicht. Sodann wird es ihre Aufgabe sein, zu lehren, wie die Weltbildung vor sich gegangen sein kann. Schließlich dürfen wir annehmen, daß die Wissenschaft mit immer größerer Bestimmtheit wird aussprechen können, so und so muß die Entstehung und Entwicklung stattgefunden haben, je mehr die Thatsachen und die ewigen Gesetze der Natur damit übereinstimmen.

Wir wissen nun jetzt mit derselben Sicherheit, als wie das Resultat eines einfachen Rechenexempels, daß noch vor wenigen Millionen von Jahren auf der ganzen Erde eine Temperatur herrschte, die viel höher war, als die von heute in Hoch-Afrika oder am Amazonenstrom in Brasilien, daß die Erde einst ganz andere Ländergestalten, andere Ozeane trug, als die jetzt vorhandenen, daß furchtbare märchenhafte Raubthierarten die vorweltliche Erde und die Gewässer bevölkerten, welche längst aus dem Thierreich verschwunden sind; ja es ist jetzt bekannt, daß es eine Zeit gab, wo die ganze Erde von Wasser überfluthet, von heißem dichten Dampf und Dunst eingehüllt war und wo kein Sonnenstrahl die irdische Atmosphäre[11]) zu durchdringen vermochte. Aber noch tiefer ist der wissenschaftliche Geist des Menschen in die Vergangenheit der Welt hinabgestiegen. Es ist heute ziemlich sichergestellt, daß vor Zeiten überhaupt keine Erde, keine Sonne existirte, daß statt dessen unbegrenzte glühende wallende Dampfmassen die Welt erfüllten.

Bevor wir nunmehr das eigentliche Gebiet der Kosmogonie betreten, wollen wir uns das jetzige Weltall in großen Zügen erst einmal vergegenwärtigen.

II. Abschnitt.

Das Weltgebäude.

Wenn wir von einem Gebäude sprechen, so denken wir an Fundamente und zusammenhängende Mauern, an Treppen und Dächer. Das Weltall ist kein Gebäude in diesem Sinne. Hier finden sich keine Fundamente; keine Mauern sind aufgebaut und oben ist kein Dach. Hier giebt es zunächst nur einen unendlichen, nach allen Seiten hin unbegrenzten Raum, durch welchen unzählige Kugeln schwebend und umeinander kreisend dahinziehen, den Raum erleuchtend und belebend. Außer diesen Kugeln, die wir Weltkörper nennen, schweben im Weltraum auch allerlei Gase, der sogenannte Weltäther[12]) zum Beispiel, sowie Gashaufen und kleinere Brocken fester Mineralien.

Der Weltraum an sich ist finster und leer. Das, was uns am Tage blau, als der schöne blaue Himmel erscheint, das ist hauptsächlich die von der Sonne erleuchtete Lufthülle unserer Erde. Wäre diese Hülle nicht vorhanden, so würde uns der Himmel auch am Tage kohlschwarz, mit Sternen besetzt, erscheinen. Daß der Weltraum unendlich ist, unendlich sein muß, darf eigentlich unser Staunen nicht erregen, denn der Raum ist eben ein Nichts, eine Leere und muß unbedingt nach allen Seiten hin vorhanden sein, wenn sonst nichts Anderes da ist, was den Raum ausfüllt. Das Nichts muß sich stets dort finden, wo nichts ist.[13])

Die Erde erscheint uns als eine große runde, ziemlich flache Scheibe, welche ganz unbeweglich und ohne

Wanken fest liegt und der Himmel wie ein mächtiges flaches Gewölbe, welches am Rande der Erde aufgesetzt ist. Diese Erscheinung mag wohl am meisten dazu beigetragen haben, daß die Welt ein Gebäude genannt wurde; doch ist selbige nichts als Augentäuschung. Was zunächst die Erde betrifft, so lehren die verschiedensten Beobachtungen, daß sie eine Kugel ist; ferner zeigt jede Reise um dieselbe, daß sie nirgendwo fest aufliegt, auch daß es kein auf dem Erdrande aufgesetztes Himmelsgewölbe giebt; denn wenn wir um den halben Umfang der Erde in irgend einer Richtung bis nach Neuseeland reisen, so können wir an jeder Stelle so in den unendlichen Weltraum hinein schauen, wie hier in Europa, obwohl wir dort auf dem großen Ozean den Kopf gerade nach der entgegengesetzten Richtung halten, als wie hier. Die Erdkugel haben wir dort allerdings auch unter den Füßen, und an welcher Stelle der Erdoberfläche wir uns auch befinden mögen: immer sind wir, wie auch alle anderen Gegenstände, gegen die Erde hin „schwer". Dies leitet uns darauf hin, daß die Schwere nach dem Mittelpunkt der Erdkugel zu oder von diesem Punkt aus wirksam sein muß. Es wird sich später zeigen, daß die Schwere eines der wichtigsten Dinge im Weltall ist.

Da die Erde die Gestalt einer Kugel hat, so giebt es in der Welt eigentlich auch kein Oben und Unten. Während wir hier in Europa auf der Erdfläche stehen, darf Jemand in Indien oder Süd-Amerika annehmen, wir kleben seitwärts an der Erdkugel, oder ein Anderer in Neuseeland, wir hängen nach unten, sowie dieses von uns aus in Bezug auf die Bewohner jener anderen Erdgegenden gelten dürfte. In Wahrheit hängt Niemand unten, Niemand klebt seitwärts, sobald man die Begriffe „Oben" und „Unten" nur von der Richtung der Schwere abhängig macht.

An unserer Erde haben wir also den unzweideutigen Beweis, daß die Vorstellung von den schwebenden Kugeln keine leere Idee, sondern Wirklichkeit ist: unsere Erde, ein ungeheuer großer und schwerer Ball, hängt frei im Raume ohne jede Unterstützung und ohne Fundament.

Aber die Erde bleibt auch nicht fest auf einem Flecke, sondern sie bewegt sich in einer kreisähnlichen, etwas länglichen Linie, einer sogenannten Ellipse[14]) um die Sonne, und zwar kommt sie in 365 Tagen 6 Stunden 9 1/6 Minuten einmal herum. Die Erde befindet sich dabei in solch' ungeheurem Abstande von der Sonne, daß eine nach der letzteren hin abgeschossene mittlere Kanonenkugel (welche in jeder Sekunde 500 Meter durchfliegt und darum die Strecke von Berlin nach Paris — 112 Meilen — bei gleichbleibender Geschwindigkeit in 28 Minuten durcheilen würde) ungefähr 9 1/2 Jahre Zeit brauchen würde, um bis dorthin zu gelangen, denn der mittlere Abstand der Erde von der Sonne beträgt ungefähr 20 Millionen Meilen.

Während die Erdkugel im Raum hängt und schwebend um die Sonne zieht, dreht sie sich auch, wie ein Kreisel um sich selbst. Beobachten wir von der Erde aus die Sonne, den Mond und das Heer der Sterne, so sehen wir diese Drehung: alle diese Körper scheinen sich um unsere Erdkugel täglich einmal umzudrehen. Doch ist das nur scheinbar; in Wirklichkeit ist es die Erde, welche sich täglich umwälzt. Von dieser Drehung rührt unsere Zeiteintheilung in Tage mit ihren Nächten her. Tag ist es für eine Erdgegend, wenn sie der Sonne zugekehrt und Nacht, wenn sie von ihr abgewandt ist. Es muß also auf der Erde zu jeder Zeit irgendwo hellen Tag wie Mitternacht, Morgen wie Abend geben.

Bei einem Kreisel, der sich dreht, finden sich stets zwei

entgegengesetzte Punkte, die keine Kreise beschreiben, sondern stillstehend sich nur drehen. Auch die Erde besitzt zwei solche Punkte und diese heißen Nordpol und Südpol. Die Linie, welche man sich vom Nordpol zum Südpol durch den Erdball gezogen denkt, heißt man die Axe der Erde, und so sagt man auch: die Erde drehe sich um ihre Axe. Die Axe steht etwas schief auf der Ebene ihres Laufes um die Sonne, was Abbildung 1 veranschaulicht. Diese schiefe Stellung der Erdaxe bleibt innerhalb gewisser Grenzen

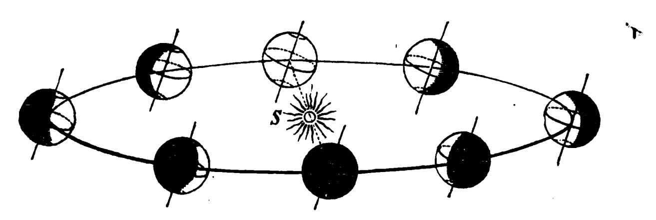


Abb. 1. Verschiedene Stellungen der Erde in ihrer Bahn.

stets dieselbe, weil keine Ursache im Weltraum vorhanden ist, welche die Drehungsrichtung der sich umwälzenden Erdmasse beträchtlich verändern könnte; durch die Drehungsrichtung ist aber die Stellung der Axe bedingt[15]).

Die Erdkugel ist auch gemessen und gewogen worden, und so weiß man, daß sie vom Nordpol bis zum Südpol in gerader Linie 1713 Meilen mißt und ungefähr 5½ mal so schwer wie Wasser ist[16]).

Die Oberfläche der Erde ist zu ungefähr drei Vierteln von Wasser gebildet und nur zu einem Viertel von festem Boden; die vielfach gegliederten und getheilten Landflächen, die sogenannten Erdtheile oder Kontinente, erscheinen nur wie aus der allgemeinen Wasserhülle emporgehobene Inseln. Die Wasserhülle, deren einzelne Abtheilungen Ozeane heißen, hat durchschnittlich eine Tiefe von 3400 Meter (etwa ½ Meile);

die größte Tiefe wurde bis jetzt zu 8500 Meter, nahe bei der ost-asiatischen Inselkette der Kurilen, gefunden. Das trockene Land erhebt sich durchschnittlich 440 Meter über die allgemeine Wasseroberfläche und erreicht nach jetziger Kenntniß mit dem Berggipfel des Gaurisankar in Asien ihre höchste Höhe, nämlich etwa 8800 Meter oder 1 1/5 Meilen.

Obgleich die Geschwindigkeit der Erde bei ihrem Tanze um die Sonne (nahezu 4 Meilen in jeder Sekunde) für unsere Begriffe als eine sehr große erscheint, so ist sie im Verhältniß zu der ganzen Bahn und zum Abstande von der Sonne doch ziemlich unbedeutend. Es ist dies vor Allem in's Auge zu fassen, wenn man eine richtige Vorstellung vom Weltall erlangen will. Jede Sache hat ihren eigenen Maaßstab und das Weltall den allergrößten. Auf die Verhältnisse kommt es an. Bringen wir z. B. die Drehung der Erde um sich selbst, also die tägliche Drehung, in ein Verhältniß zur Erdgröße, so finden wir, daß diese Drehung noch einmal so langsam vor sich geht, als der langsame Umgang des kleinen Zeigers einer Uhr, obwohl die größte Geschwindigkeit am Umfange der Erde 463 Meter für die Sekunde ist.

Wenn wir uns mittelst eines Luftballons 600 oder 800 Meilen über den Erdball in die Lüfte erheben und von dort oben, unabhängig von der Bewegung der Erde, hinabschauen könnten, so würden wir die verhältnißmäßige Langsamkeit der Erdbewegungen sehr gut beobachten können. Wie ein mächtiger Ballon würde die Erde unter unseren Blicken ruhig und geräuschlos entschweben; die Umwälzung der Erde um sich selbst aber würde sich erst bei genauerem Hinsehen zeigen. Von all diesen Bewegungen merken wir nichts, weil dieselben ohne Stöße und bemerkbare Schwankungen vor sich gehen und weil selbst die Lufthülle,

welche die Erdkugel umgiebt, daran theilnimmt. So werden wir in der Kajüte eines Schiffes nichts davon gewahr, daß das ganze Schiff in rascher Bewegung dahin gleitet. Steht man in dem Wagen eines Eisenbahnzuges am Fenster während des Aufenthaltes auf einem größeren Bahnhofe, wo viele Züge theils langsam bei einander vorbei fahren, theils stillstehen, so läßt sich oft nur durch genaue Betrachtung der Räder des gegenüber befindlichen Zuges feststellen, welcher Zug sich eigentlich bewegt, ob der eigene oder der andere oder beide. Dem Luftschiffer erscheint es, während er sich mit seinem Ballon in die Wolken erhebt, geradeso, als versinke die Erde unter ihm in die Tiefe.

Derartige Täuschungen sind auch in Bezug auf die Weltkörper alltäglich; wir sprechen noch immer allgemein: Die Sonne ist untergegangen, statt zu sagen: unsere Erdgegend hat sich von der Sonne abgewendet. Thatsächlich steht die Sonne, wenn wir sie glühend roth am Horizonte hinabsinken sehen, noch auf (ungefähr) derselben Stelle, als wo sie Mittags oder Morgens stand. In der Wissenschaft ist es erst in den letzten zwei bis drei Jahrhunderten feste Ueberzeugung geworden, wie in Wahrheit die Bewegungen vor sich gehen. Herakleides in Athen erkannte zwar bereits etwa 360 Jahre vor dem Beginn unserer gegenwärtigen Zeitrechnung die Drehung der Erde um sich selbst und daß der Aufgang und Untergang von Sonne, Mond und Sternen nur scheinbar sei, nachdem Pythagoras in Großgriechenland (Unteritalien) schon ungefähr 150 Jahre vorher die Kugelgestalt der Erde gelehrt hatte; auch taucht zu Herakleides's Zeit schon die Ansicht auf, daß die Sonne im Zentrum der Welt stehe und die Erde mit den übrigen Planeten (von denen noch die Rede sein wird) sich um die Sonne bewege, welche Lehren von dem berühmten

griechischen Astronom Aristarch von Samos um das Jahr 270 vor Beginn der jetzigen Zeitrechnung zusammengefaßt und eifrig vertheidigt wurden; doch gelang es erst in neuerer Zeit und zwar dem Frauenburger Domherrn Nikolaus Koppernikus (geb. in Thorn 1473), jenen Lehren in der Wissenschaft Bahn zu brechen. Wie ziemlich bekannt, war es besonders der große Italiener Galilei (geb. 1564), welcher der koppernikanischen Lehre mit Begeisterung anhing.

Nach der Lehre des Koppernikus steht die Sonne fest und um dieselbe kreisen die Planeten, zu welchen die Erde gehört. Die Erde dreht sich außerdem um sich selbst und wird nur vom Monde umkreist, nicht von der Sonne, den Planeten und den Sternen. Später ist die koppernikanische Lehre vervollständigt und berichtigt worden. So bewies Kepler (geb. 1571), daß die Bahnen der Planeten nicht ganz genaue Kreise, sondern Ellipsen sind und daß die Sonne für jeden Planeten in einem der beiden Brennpunkte[14]) seiner Bahn-Ellipse steht, einem Punkte, der bei sehr langgezogenen Ellipsen, wie Abbildung 2 rechts oben eine zeigt, nahe an den Enden, dagegen um so näher dem Mittelpunkt liegt, je mehr die Ellipse der Kreisform sich nähert.

An der Hand der Abbildung 2 wollen wir uns jetzt das Sonnen- und Planetensystem näher betrachten.

Die Sonne ist der Hauptkörper des ganzen Systems. Sie ist ein hellglühender, aus Gasen, flüssigen und vielleicht auch festen Stoffen bestehender Ball, der von einer gasigen, aber gleichfalls glühenden Atmosphäre umgeben ist und von ihr erhalten die Planeten ihr Tageslicht und den Haupttheil ihrer Wärme. Die Sonne ist so ungeheuer groß, daß wir in ihrem Raum unseren Erdball 1,279,300mal unter-

bringen könnten und ihr Durchmesser beträgt 187,000 Meilen. Sie dreht sich, wie die Erde, um sich selbst und zwar voll-



Abb. 2. Das Planetensystem.

endet sie in etwa 26 Tagen eine Drehung. Der Sonnenkörper ist durchschnittlich nur $1\frac{4}{10}$ mal so dicht und schwer, wie Wasser, also bedeutend lockerer, als die Erde.

Die gesammte Wärme, welche die Sonne ununterbrochen in den Weltraum ausstrahlt, ist so bedeutend, daß dieselbe in jeder Sekunde eine Eismasse schmelzen könnte. welche, über ganz Europa ausgebreitet, noch die ungeheure Dicke von 15 Meilen haben würde; doch kommt diese Wärme den Planeten nur zu einem winzig kleinen Theil, nämlich nur zu ungefähr einem 200milliontel der Gesammtmenge, zugute. Der größte Theil der Sonnenstrahlen, also die übrigen $\frac{199,999,999}{200,000,000}$, gehen bei den Planeten wirkungslos vorbei hinaus in den Weltraum. Das ist etwa ein Verhältniß, als wenn Jemand einen Meter Bindfaden braucht und kauft sich zu diesem Zweck zweimalhunderttausend Kilometer davon, eine Länge, die fünfmal um die ganze Erde reicht.

Um die Sonne läuft als nächster Planet der Merkur, ein Körper, der für das bloße Auge zuweilen bald nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang als mittlerer glänzender Stern zu sehen ist. Sein mittlerer Abstand von der Sonne ist 7¾ Millionen Meilen und sein Umlauf, der in der Abbildung durch den kleinsten Kreis um den Sonnenpunkt dargestellt ist, dauert 87 Tage 23¼ Stunden. Der Merkur ist bedeutend kleiner als die Erde; er mißt im Durchmesser nur 660 Meilen. Der Planet scheint durchschnittlich 4³/₁₀ mal so schwer und so dicht wie Wasser zu sein.

Der nächstkreisende Körper ist unser Abend- und Morgenstern, die Venus, der prachtvollste Stern unseres Himmels. Die Venus ist im Mittel 14½ Millionen Meilen von der Sonne entfernt und kann uns von allen Planeten am nächsten kommen, nämlich bis auf 4½ Millionen Meilen. Zu einem Umlauf braucht der Planet 224 Tage 16¾ Std. Der Durchmesser der Venus ist dem der Erde fast gleich; er beträgt 1698 Meilen, doch ist die Venus ebenfalls etwas

weniger dicht, als die Erde; sie ist nur 4$^{5}/_{10}$mal so schwer als Wasser.

Der Venus zunächst läuft unsere Erde, die wir bereits kennen. Von der Venus aus gesehen muß unser Planet zur Zeit der kleinsten Entfernung zwischen Erde und Venus einen Anblick bieten, wie er uns Erdenmenschen am Himmel niemals zu Theil wird, nämlich den eines Sterns, der unsere Erscheinung der Venus um das siebenfache übertrifft, weil die Erde zur Zeit des geringsten Abstandes zwischen beiden Planeten ihre vollbeleuchtete Seite der Venus zukehrt, was für uns bei der Venus gerade umgekehrt ist.

Die Erde wird, wie schon erwähnt, von einer kleineren Kugel, unserem Monde, umtanzt, welcher unter fortwährender Umkreisung der Erde deren jährliche Reise um die Sonne mitmacht. Der Mond ist im Mittel 51,805 Meilen von uns entfernt, welche Strecke von unserer Kanonenkugel in ungefähr 9 Tagen durchmessen würde. Der Mond wird, wie unser Erdkörper, von der Sonne beleuchtet und daher kommt es, daß wir ihn überhaupt sehen, denn Alles, was wir sehen sollen, muß entweder selbst leuchten oder beleuchtet werden. Der Mond hat kein eigenes Licht; es ist Sonnenschein, sonnenbeschienene Fläche, was uns vom Monde entgegenleuchtet. Jeder Umlauf des Mondes dauert 27 Tage 7 Stunden 43$^{1}/_{6}$ Minuten. Von diesem Umlauf rührt es her, daß der Mond jeden Tag ein Stück weiter nach links (nach Osten) steht, als Tags vorher, sowie daß die Lage seiner beleuchteten Hälfte für unseren Standpunkt sich allmälig ändert. Steht der Mond für uns entgegengesetzt von der Sonne, so erscheint er vollbeleuchtet, wir sehen dann die ganze beleuchtete Hälfte der Kugel, wir haben „Vollmond". Steht der Mond zwischen Erde und Sonne, so ist er für uns gar nicht beleuchtet und dann ist er für uns unsichtbar

(weil stets nur das Beleuchtete oder das Leuchtende sichtbar ist). Diese Stellung heißt Neumond. Von der beleuchteten Seite des Mondes sehen wir in dem Maße mehr, je weiter er auf seiner Bahn um die Erde nach Osten zieht und in der Mitte zwischen Neumond und Vollmond sehen wir ihn halbbeleuchtet: „Erstes Viertel“. Das „letzte Viertel“ ist eingetreten, wenn er in der Mitte seines Weges zwischen „Vollmond“ und „Neumond“ angekommen ist. Der Mond ist eine Kugel von 469 Meilen Durchmesser und ist 3⁴/₁₀mal so schwer und dicht wie Wasser. In Abbildung 3 ist Erde und Mond nebeneinander gestellt.

Als nächster Planet nach der Erde kommt Mars. Derselbe ist dem bloßen Auge als ein rother Stern den größten Theil der Nächte sichtbar. Der Mars kreist um die Sonne in der Zeit von 1 Jahr 321 Tagen 23½ Stunden und sein mittlerer Abstand von ihr beträgt dabei 30 Millionen Meilen. Die Marskugel ist nicht viel größer, als Merkur, denn ihr Durchmesser ist nur ungefähr 900 Meilen; ihre durchschnittliche Dichtheit ist 4mal so groß, als die des Wassers. Der Mars wird von zwei sehr kleinen, mit den jetzigen Instrumenten der Astronomie noch nicht meßbaren Monden umkreist, die erst im Jahre 1877 entdeckt worden sind. Ihre Durch-

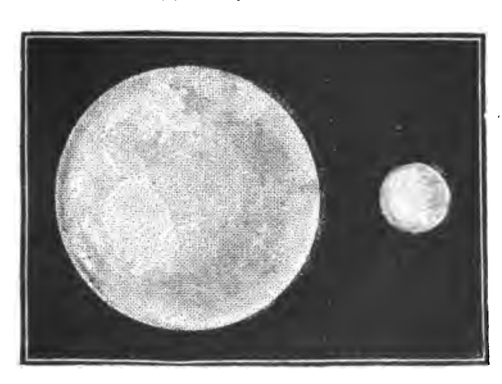


Abb. 3. Erde und Mond.

messer können der Helligkeit ihrer Erscheinung nach kaum zwei Meilen betragen.

Auf unserer Darstellung Seite 17 sehen wir jetzt nächst der Bahn des Mars eine breite Zone. Es ist dieses die Region einer großen Anzahl kleiner und sehr kleiner Planeten, der sogenannten Asteroiden oder Planetoiden, die sämmtlich erst in unserem Jahrhundert entdeckt worden sind. Ihre Zahl wird gegenwärtig auf 244 angegeben, doch kommt es vor, daß vermeintlich neu entdeckte Planetoiden sich als schon bekannte, früher entdeckte, herausstellen. Sicher bekannt waren nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch für 1884 222. Die größten dieser Planeten sind die nachbenannten und haben den beigesetzten (nach der Lichtstärke geschätzten und noch nicht sicher festgestellten) Durchmesser: Vesta 66 Meilen, Zeres 49 Meilen, Pallas 36 Meilen. Zu den kleinsten gehören Echo, 3½ Meilen, Eva, 3 Meilen. Man vermuthet mit Grund in der Region dieser kleinen Planeten noch mehr kleine und sehr kleine Körper, die aber für die jetzigen Fernrohre schwer aufzufinden oder gänzlich unsichtbar sind.

Die mittleren Abstände von Vesta, Zeres und Pallas sind 47, 55⅓ und 55½ Millionen Meilen. Den kleinsten mittleren Abstand unter den bis jetzt berechneten Planetoiden hat Medusa mit 43, den größten Hilda mit 79 Millionen Meilen. Am schnellsten läuft Medusa, nämlich in 3¹/₁₀ Jahren einmal um die Sonne; die längste Frist braucht Hilda zu einem Umlauf: nahezu 8 Jahre.

Nächst den Planetoiden schwebt um die Sonne in einem mittleren Abstande von 104 Millionen Meilen der mächtigste Planet unseres Sonnensystems: der Jupiter. Dieser Planet hat einen Durchmesser von 19,380 (von Pol zu Pol 18,240) Meilen und braucht zu einem Umlauf um die Sonne 11 Jahre

317 Tage 14 Stunden. Der Jupiter besteht aus Stoffen, die durchschnittlich viel lockerer und leichter sind, als die Stoffe der Erde, denn er ist im Ganzen nur 1⅓ mal so schwer als Wasser, also noch etwas lockerer, als Ziegelmauerwerk. Die ganze Stoffmasse des Jupiter ist 300mal so groß als die der Erde. Dieser Planet ist zu Zeiten als ein sehr heller großer Stern sichtbar, er erscheint nächst Venus als der schönste Wandelstern und leuchtet mit mondartigem Lichte. Er wird auf seinem Wege um die Sonne von vier Monden begleitet und umkreist. (Abbildung 4.) Der größte dieser Monde hat 741 Meilen, der kleinste 454 Meilen Durchmesser; die Jupitermonde sind also von unserem Monde im Durchmesser nicht gar sehr verschieden; doch sind sie viel leichter, als unser Mond, denn nur ungefähr so dicht, wie Jupiter selbst.



Abb. 4. Jupiter und seine vier Monde.

Der wunderbarste Planet ist der nächstkreisende, der **Saturn**, ein Körper, der von einem System von Ringen umgeben ist, welche frei um die Saturnkugel laufen. (Abb. 5.) Der Saturn ist der zweitgrößte Planet des Sonnensystems, denn der Durchmesser der Saturnkugel ist etwa 15,830 Meilen. Die äußere Kante des Ringsystems ist von der Oberfläche der Kugel 10,220 Meilen entfernt; das Ringsystem hat demnach einen Durchmesser von 36,270 Meilen, dagegen (nach Bessel) nur eine Dicke von kaum 30 Meilen. Der Saturn läuft in mittlerer Entfernung von 191 Millionen Meilen in der Zeit von 29 Jahren 54 Tagen 16½ Stunden

einmal um die Sonne. Er besteht aus sehr lockerer Materie, denn er ist durchschnittlich nur 7/10 mal so schwer als Wasser, also etwa wie Linden- oder Kiefernholz. Der als großer Stern sichtbare Planet wird, soweit bis jetzt festgestellt, außer von seinen Ringen von acht Monden umlaufen, über deren Größe und Dichtheit noch nichts Gewisses bekannt ist. Nach Schätzungen sind sämmtliche Monde kleiner als unser Erdmond.



Abb. 5. Saturn und seine Monde.

Nächst dem Saturn zieht um die Sonne der **Uranus** und zwar kommt derselbe in 84 Jahren, 6 Tagen, 22 2/3 Stunden erst einmal herum. Sein mittlerer Abstand ist dabei 384 Millionen Meilen. Der Uranus ist nur selten für ein sehr scharfes Auge ohne Fernrohr sichtbar, indessen ist sein wahrer Durchmesser doch vielmal größer, als der der Erde, nämlich ungefähr 7000 Meilen. Der Planet ist durchschnittlich dichter, als Saturn: ungefähr 1 1/5 mal so schwer als Wasser, d. h. etwa so wie leichte Steinkohle. Bis jetzt wurden vier Uranusmonde gefunden.

Schreiten wir noch weiter hinaus im Raum, so treffen wir auf die Bahn des **Neptun**, des äußersten unserer jetzt bekannten Planeten. Der Neptun steht so weit von der Sonne ab, daß unsere Kanonenkugel 285 Jahre brauchen würde, um die dazwischen liegende Strecke zu durchfliegen, denn der mittlere Abstand des Neptun von der Sonne ist 602 Millionen Meilen. Wenn also ungefähr zu Beginn des 30jährigen Krieges auf dem Neptun eine Kanone nach

der Erde oder der Sonne zu abgefeuert worden wäre, so hätte man die Kugel erst jetzt in unserer Zeit hier in den sonnennäheren Räumen zu erwarten. Darum bedarf der Neptun zu einem Umlauf der langen Zeit von 164 Jahren 286 Tagen, und so lange dauert auch sein Jahr. Auf dem Neptun ist für unsere Begriffe ewige Nacht und Dämmerung, weil die Sonne dort, vom Neptun aus gesehen, wegen der ungeheueren Entfernung nur wie ein sehr großer flammender Stern, als der hellste unter den übrigen Sternen am Himmel, erscheint. Dieser Planet ist ungefähr so groß wie Uranus und ebenso schwer als dieser. Kurze Zeit nach der Entdeckung des Neptun (1846) ist ein Begleiter dieses Planeten gefunden worden.

Wie die Größenangaben zeigen, sind die Planeten sämmtlich viel kleiner, als die Sonne. Würde man in die eine Schaale einer Wage die Sonne legen und in die andere alle Planeten, so würde erst Gleichgewicht herzustellen sein, wenn in die andere Schaale noch 750 Erden, 750 Jupiterkugeln, 750 Saturnkugeln, überhaupt sämmtliche Planeten noch 750 mal gelegt würden, denn die Masse der Sonne überwiegt die Gesammtmasse aller Planeten um etwa das 750fache. Auch die Hinzurechnung sämmtlicher Monde ändert an diesem Verhältniß fast gar nichts.

Außer bei unserer Erde konnte noch bei Venus, Mars, Jupiter und Saturn eine Umwälzung um die eigene Axe wahrgenommen werden und zwar stellte sich heraus, daß diese Umwälzung, bei allen diesen Planeten übereinstimmend, merkwürdigerweise in derselben Richtung vor sich geht, als wie die Umdrehung der Sonne selbst. Ferner ist höchst interessant, daß alle Planeten, selbst die Hunderte von Planetoiden, auch ihren Umlauf um die Sonne in derselben

Drehungsrichtung ausführen, in welcher sich die Sonne dreht. Ja selbst alle Monde, mit Ausnahme der Monde des Uranus und des Neptunmondes, schwingen sich um ihre Hauptkörper in der gleichen Richtung. Es ist dies die Richtung von West nach Ost, oder diejenige der Pfeile auf unserer Abbildung Seite 17, sofern man das ganze Sonnensystem von der Nordseite aus betrachtet.

Die Bahnen der Planeten sind kreisähnliche Ellipsen, wie die der Erde, und die Planeten stehen während ihres Umlaufes auf einer Stelle der Bahn etwas näher der Sonne (Sonnennähe, Perihelium), auf der entgegengesetzten Seite etwas ferner (Sonnenferne, Aphelium), als der mittlere Abstand beträgt. Unter den acht großen Planeten ist der Unterschied der Abstände bei Sonnennähe und Sonnenferne am größten beim Merkur, am geringsten bei Venus. Beim Merkur beträgt der Abstand in der Sonnennähe um ein volles Fünftel weniger, in der Sonnenferne um ein Fünftel mehr, als der mittlere Abstand, während die Venus nur um $^1/_{150}$ ihres mittleren Abstandes sich der Sonne nähert und von ihr entfernt. Bei unserer Erde ist der Betrag ungefähr $^1/_{60}$ [17]).

Nach den Gesetzen der Mechanik bewegen sich alle Planeten während ihrer Sonnennähe schneller, während der Sonnenferne langsamer, als im Durchschnitt. Die genaue Beobachtung dieser Verschiedenheit war es, was den schon genannten großen deutschen Astronomen und Mathematiker Kepler zur Erkenntniß seiner drei wichtigen Planetengesetze [18]) führte, die für die Umlaufsbewegung eines jeden Weltkörpers, der um einen zweiten Körper läuft und in seiner Bewegung durch anderweitige Kräfte oder Hindernisse nicht gestört ist, noch heute giltig sind.

Unsere Erde befindet sich gegenwärtig am 1. Januar in

größter Sonnennähe, ein halbes Jahr später in Sonnenferne und so sind wir Bewohner der nördlichen Erde im Winter der Sonne näher, als im Sommer und umgekehrt. Es ist dieses nicht immer so gewesen und wird auch nicht immer so bleiben, denn die Hauptaxe der Erdbahn[19]) d. h. also die Linie, welche die Punkte der größten Sonnennähe und der größten Sonnenferne verbindet, die sogenannte Apsidenlinie, steht nicht still, sondern sie bewegt sich im Laufe von ungefähr 113,000 Jahren einmal im Kreise herum, und wenn die Präzession[20]) nicht wäre, so würde unsere nördliche Erdhälfte in etwa 53,400 Jahren zur Zeit der Sonnenferne Winter haben. Infolge der Präzession wird dieser Zustand aber um etwa 43,000 Jahre näher gerückt, so daß unsere Erdhälfte schon in ungefähr 10,400 Jahren während der Sonnenferne Winter haben wird. Kältere Winter und heißere Sommer müssen für uns die Folge hiervon sein, denn die Wärme, welche der Erde in ihrer Sonnenferne zukommt, ist um etwa $1/16$ geringer, als die ihr in der Sonnennähe zukommende. Nach abermals 10,400 Jahren wird indessen das jetzige Verhältniß wieder eingetreten sein. Auch bei den übrigen Planeten, sowie bei unserem Monde führt die Apsidenlinie eine Drehung aus.

Schon den Astronomen des Alterthums fiel es auf, daß die damals bekannten Planeten, gleich wie Sonne und Mond, ihren scheinbaren Lauf am Himmel in ungefähr ein und derselben Linie, durch die nämlichen Sterngruppen, nehmen. Diese Uebereinstimmung rührt davon her, daß alle Planeten und der Mond in ungefähr derselben Raumschicht (Raumfläche, Raumebene) ihren Umlauf ausführen, in der unsere Erde um die Sonne läuft. Auch für die Umläufe der meisten übrigen Monde ist diese auffällige Uebereinstimmung festgestellt worden. Freilich ist die Uebereinstimmung nicht

ganz genau; es giebt Abweichungen. Die Bahnfläche des Merkur zeigt unter den großen Planeten die größte Abweichung von der Fläche der Erdbahn, nämlich etwa 7 Grad[21]), die geringste besitzt Uranus mit $^1/_2$ Grad. Diese Abweichung, die sogenannte Neigung der Bahn, ist ferner bei Venus $3^1/_3$ Grad, bei Mars $1^3/_4$, Jupiter $1^1/_4$, Saturn $2^1/_2$ und Neptun $1^3/_4$ Grad. Sieht man von den Planetoiden ab — die sich allerdings in bis zu 35 Grad abweichenden Bahnen um die Sonne schwingen — so kann man alle Planeten und die Monde des Jupiter und der Erde als eine Gruppe von Körpern betrachten, die sich nach unserer Abbildung 2 in der Ebene des Papiers in nahezu kreisförmigen Bahnen um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt und Mittelkörper bewegen, und selbst die Planetoidenbahnen, wie die Monde des Mars und des Saturn, zeigen wenigstens eine Annäherung an Uebereinstimmung mit der allgemeinen Bahnebene des ganzen Systems.

Das ganze große Uhrwerk des Planetensystems mit seiner Sonne in der Mitte bleibt nicht auf einem Ort im Weltraum, sondern es schwebt, wie es da ist, mit einer Geschwindigkeit[22]) von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Meilen — genauer konnte die Geschwindigkeit bis heute nicht festgestellt werden — nach einer Richtung im Raum, in der die Sonne, von der Erde aus gesehen, ungefähr Anfang Dezember steht, genauer bezeichnet: nach dem Sternbilde „Herkules“, wie im Laufe der letzten 100 Jahre von vielen Astronomen ermittelt wurde. Ob die Bewegung des Sonnensystems eine geradlinige oder kreisartige ist, konnten die Astronomen bis jetzt nicht unmittelbar erkennen.

Während die Sonne mit ihrem ganzen Gefolge durch den Weltraum zieht, kommen von allen Seiten und in allen

möglichen Richtungen federleichte und meist sehr große räthselhafte Körper, die Kometen, zu ihr herangezogen, schwingen sich mit großer Geschwindigkeit ein Stück um dieselbe herum und schweifen wieder von dannen. Einen Begriff davon, wie die Kometenbahnen oft zu der Bahn der Erde stehen, giebt Abb. 6, welche die Bahn des Donati'schen Kometen von 1858 in ihrer Lage zur Erdbahn darstellt. Ein Komet ist stets eine rundliche, längliche oder unregelmäßig gestaltete, mild leuchtende Masse, meist mit sehr verwaschenen nebelartigen Umrissen und so geringer Dichtheit, daß man andere Sterne sehen kann, welche hinter die Kometenmasse zu stehen kommen. Diese Hauptmasse nennt man den „Kopf" des Kometen. Innerhalb der Dunstmasse des Kopfes giebt es gewöhnlich eine heller leuchtende sternartige Verdichtung, oft auch mehrere, die man Kerne nennt. Die Kometen leuchten zum Theil mit eigenem Glühlicht, zum anderen Theil mit dem Licht der Sonne, von der sie beleuchtet werden. Den größeren Kometen wächst mit der Annäherung an die Sonne gewöhnlich ein gleichfalls nebelig leuchtender Schweif, von welchem die Kometen ihren Namen haben. (Kome heißt Haupthaar; Kometen: Haarsterne.) Der Schweif ist fast immer nach der der Sonne entgegengesetzten Seite gerichtet, vielfach sanft gebogen, wie bei dem großen Kometen Donati's vom Jahre 1858 (Abbildung 7). Es

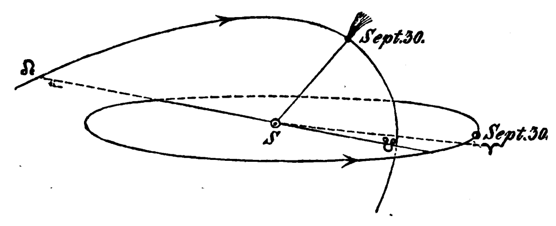


Abb. 6. Ein Stück der Bahn des Donati'schen Kometen und die Erdbahn.

sind aber auch schon Kometen mit zwei oder mehr Schweifen erschienen; der große Komet vom Jahre 1744 hatte z. B. sechs fächerförmig ausgebreitete Schweife.

Noch nie sah man einen Kometen mit der Annäherung an die Sonne ganz unverändert bleiben. Oft sondert der Kometenkopf nach der Sonne zu hüllenartige Nebelschichten



Abb. 7. Donati's Komet am 3. Oktober 1858.

ab, welche sich dann in aufgelöster Form beim Kopf vorbei wieder rückwärts wenden und in den Schweif übergehen, der dadurch vergrößert und verstärkt wird. Ueberhaupt sind die Kometen mit ihrer Annäherung an die Sonne allerlei Veränderungen in Größe, Gestalt und Leuchtkraft unterworfen, nehmen dann im Allgemeinen in letzterer zu, der dunstige Kopf vergrößert sich gewöhnlich, der Kern wird meist kleiner, strömt aus u. s. w. Nachdem die größte Sonnennähe vorüber ist, hören alle diese Erscheinungen

allmälig wieder auf, so wie ein Feuerwerk verlischt. Einen Begriff von diesen Veränderungen giebt Abbildung 8, welche

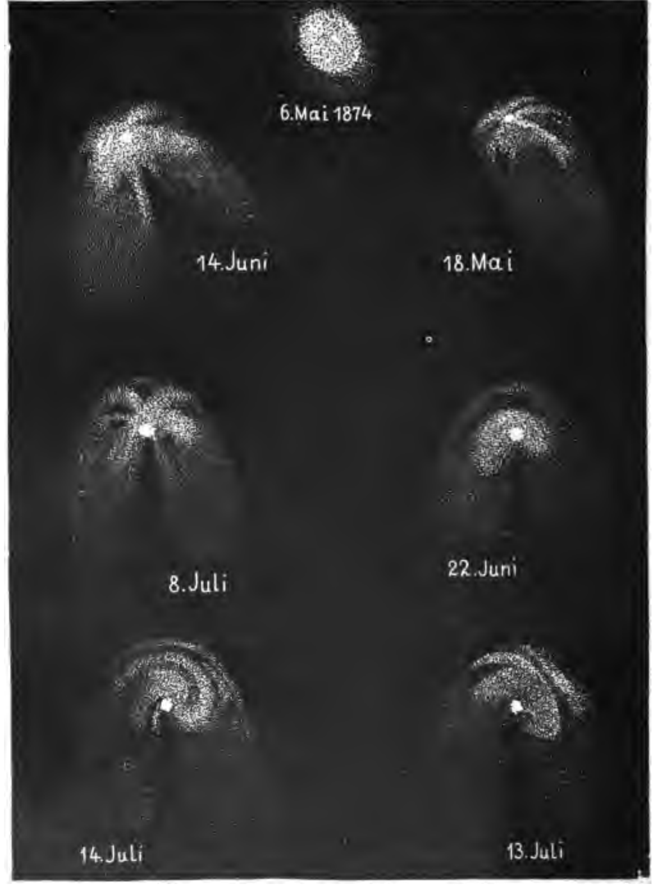


Abb. 8. Komet 1874 III. (Nach Vogel.)

den dritten Kometen von 1874 zu verschiedenen Zeiten darstellt. Die Kometen kommen in den verschiedensten Größen

vor; die meisten sind nur mit dem Fernrohr sichtbar und haben dann entweder gar keine oder nur sehr kleine Schweife. Bei den großen Kometen erreicht der Kopf oft eine ganz ungeheuere Ausdehnung. Der Kopf des großen Kometen von 1811 hatte z. B. einen Durchmesser von 220,000 bis 240,000 Meilen, war also größer als die Sonne selbst, wenn auch nicht so schwer. Die Schweife aber entwickeln sich, oft innerhalb weniger Tage und Stunden, zu so bedeutenden Längen, daß sie vielfach nach Millionen von Meilen messen. Die Ausdehnung des Schweifes des großen Kometen vom Jahre 1843 war noch bedeutend größer, als die Entfernung der Erde von der Sonne; sie betrug 33 Millionen Meilen.

Die Kometen erscheinen meist unvorhergesehen am Himmel, weil sie aus unbekannten Fernen kommen, und werden erst in unseren näheren Planeten-Regionen sichtbar. Wenn sich dann solch ein Gestirn einmal bei der wärmenden Sonne vorübergeschwungen hat, dann zieht es in einer langen Linie, oft Tausende und Zehntausende, ja Hunderttausende von Jahren lang in die Nacht des Weltraums hinaus und säßen wir auf einem solchen Kometen, wie auf einem Luftballon, so würde uns die Sonne nach und nach immer kleiner und winziger erscheinen, am Ende so klein wie ein Stern gleich den andern, und rundum wäre dann nichts mehr zu sehen, als ein einziger schwarzer Sternenhimmel. Der Komet läuft dabei immer langsamer und langsamer und zuletzt, wo er beinahe stillsteht, da kehrt er um und tritt die Rückreise zur Sonne an. Diese dauert dann ebenso lange, als der Zug in die dunkle Ferne. Seine Geschwindigkeit wird nun wieder umgekehrt immer größer und wächst in der Sonnennähe zu rasender Eile an. Die ganze Bewegung der Rückkehr hat mit einem Sturz nach der Sonne hin die größte Aehnlichkeit.

Die Bahn eines solchen wiederkehrenden Kometen hat die Form einer sehr langgestreckten Ellipse — man betrachte die Bahn des Halley'schen Kometen in Abbildung Seite 17 — und für einen großen Theil aller Kometen sind derartige Ellipsenbahnen mit Sicherheit erkannt worden. Doch die meisten Kometenbahnen erscheinen als Parabeln[23]), sind aber wahrscheinlich ebenfalls, und zwar sehr langgezogene, Ellipsen oder auch vielleicht der Parabel nahekommende Hyperbeln[23]). Ein kleiner Theil der Kometen bewegte sich deutlich erkennbar in Hyperbeln. Der Abstand während der Sonnennähe ist darum bei den meisten beobachteten Kometen verhältnißmäßig sehr klein, während der Abstand in der Sonnenferne oft ganz unbekannt bleibt, unendlich groß erscheint, doch stets vielmal größer ist, als der Abstand in der Sonnennähe. So z. B. kam der große Komet vom Jahre 1680 bei einer Umlaufszeit von etwa 8800 Jahren der Sonne bis auf ⅕ Million Meilen nahe und er wird sich im Laufe von 44 Jahrhunderten bis auf 17,000 Millionen Meilen entfernen, eine Weite, zu deren Durchschießen unsere Kanonenkugel mehr als 8000 Jahre brauchen würde. Im Jahre 1780 erschien ein Komet, der sich der Sonne bis auf zwei Millionen Meilen näherte, dessen Abstand in der Sonnenferne dagegen über 79,000 Millionen Meilen betragen wird. Als Umlaufszeit dieses Kometen fand Clüver die erstaunliche Frist von 75,000 Jahren.

Eine Anzahl der Kometen sind mit Sicherheit als Glieder unseres Sonnensystems erkannt worden. Es gilt dies besonders von allen Kometen mit kurzer Umlaufszeit (z. B. Encke's Komet 3⅓ Jahre, Halley's 76 Jahre; die Bahnen dieser beiden Kometen sind auf Abbildung 2 eingezeichnet). Unter 277 auf ihre Bahn und Umlaufszeit berechneten Kometen fand man solche mit Umlaufszeiten bis zu 100,000 Jahren.

129 Kometen, die zu einem Umlauf mehr als 1000 Jahre, 16 davon, die zu einem solchen mehr als 5000 Jahre brauchen) und die man doch noch als zu unserer Sonne gehörig betrachtet. Außerdem sind viele Kometen berechnet worden, die so unermeßlich weit weg ziehen, daß man überhaupt nicht feststellen konnte, wann sie zum Perihel wiederkehren würden. Stellt man sich nun vor, daß das Sonnensystem, wie oben angegeben, im Weltraum fortrückt und darum schon in 1000 Jahren etwa 60,000 Millionen Meilen weit vom jetzigen Standorte entfernt sein wird, so ist sehr zu bezweifeln, daß Kometen, die so weit von der Sonne nach seitwärts oder rückwärts abschweifen, je zu derselben wiederkehren werden. Dagegen ist anzunehmen, daß an ihrer Stelle immer wieder andere Kometen in unserem Gesichtskreise erscheinen, zur Sonne herankommen werden, etwa wie Motten und Schmetterlinge zur Lampe am Sommerabend, weil die Tiefen des Weltraums wahrscheinlich unzählige dieser leichtbeweglichen Massen bergen.

Außerdem bewegen sich kleinere Körper, die Feuerkugeln und Sternschnuppen, von letzteren ganze Schwärme, durch den Raum unseres Sonnensystems und laufen in ähnlichen Bahnen, wie die Kometen, um die Sonne. Auf diese Erscheinungen, die zusammen Meteore heißen, kommen wir in einem späteren Abschnitt zu sprechen.

Wir verlassen jetzt im Geiste unsere Sonnen- und Planetenwelt, um zu sehen, was es außerhalb derselben im Raum noch giebt.

Wenn wir in klaren Nächten den Himmel betrachten, so bemerken wir (und zwar am besten in den Monaten August bis November) außer einem Heer größerer und kleinerer Sterne einen schwach leuchtenden unregelmäßigen

nebeligen Streifen, der sich, hier breiter, dort schmäler, meist wolkenartig geballt, von einem Himmelsende bis zum andern ausdehnt. Dieser Streifen heißt von Alters her die Milchstraße und er zieht als Ring über den ganzen Sternenhimmel, d. h. sowie die Milchstraße hier „oben“ von der nördlichen Erdhälfte aus zu sehen ist, so zieht sie auch unter uns auf der Südseite der Welt die Himmelstiefe entlang. Die Milchstraße ist insofern die Hauptsache des Sternenhimmels, als sie die Hauptmasse aller mit und ohne Fernrohr sichtbaren Sterne in sich vereinigt, denn fast der ganze gewaltige schimmernde Ring besteht aus zahllosen kleinen Sternen.

Die Astronomie theilt die Sterne nach der Größe, wie sie sich dem Auge darstellen, in Größenklassen ein und so umfassen die ersten sechs Klassen die mit bloßem Auge sichtbaren Sterne; alle übrigen Sterne, soweit sie mit den kräftigsten Fernrohren unserer Zeit als einzelne Lichtpunkte noch gut zu unterscheiden sind, bilden die Klassen bis zur 15ten Größe. Wilhelm Herschel unternahm Sternzählungen, um zu einem Urtheil über die Gesammtzahl der mit seinen Instrumenten sichtbaren Sterne zu gelangen und fand, daß in der Milchstraße der größte Theil aller Sterne, nämlich etwa 18 Millionen, vereinigt seien, und daß die Gesammtzahl ungefähr 20 Millionen betrage. Doch ging seine Schätzung nur ungefähr bis zu den Sternen der jetzigen 12ten Größe. Die Gesammtzahl der heute mit den größten Fernrohren gut erkennbaren (die Größen 1 bis 15 umfassenden) Sterne wird von den Astronomen zu 140 bis 250 Millionen berechnet. Nimmt man die Sterne einer 16ten Größe hinzu, so mag nach Klein die Gesammtzahl von 1200 Millionen herauskommen. Von diesen Sternenmassen sind wahrscheinlich etwa 9/10 in dem Gürtel der

Milchstraße angesammelt. Dabei besteht das Verhältniß, daß die Sterne um so zahlreicher werden, je kleiner sie sind. Während das normale (mittlere, mittelgute) bloße Auge am ganzen Himmel etwa 5500 Sterne sieht (von einem und demselben Punkte der Erde aus nahezu die Hälfte davon, weil man in günstiger Stellung immer die Hälfte des ganzen Himmels auf einmal überblickt) — darunter nur 20 Sterne der 1ten Größe, 65 Sterne der 2ten, 200 der 3ten — ist die Zahl der Sterne der 14ten Größe nach Newcomb etwa 58 Millionen, der 15ten vielleicht 170 Millionen.

Alle diese Sterne (mit alleiniger Ausnahme der Planeten) sind sogenannte Fixsterne, d. h. feste Sterne, solche, die wohl gleich Sonne und Mond scheinbar auf- und untergehen, die aber im Gegensatz zu den Planeten ihre Stellen am scheinbaren Himmelsgewölbe dem Augenschein nach nicht verändern. Wir sehen daher die Sterngruppen, die sogenannten Sternbilder, im Alter genau so, wie wir sie in der Jugend sahen; ja die Sterne zeigen für uns noch dieselben Figuren, welche die Sternkundigen des grauen Alterthums aufgezeichnet haben.



Abb. 9. Die Plejaden.

Die Fixsterne sind, auch von der Milchstraße abgesehen, nicht gleichmäßig am Himmel vertheilt, sondern bilden die verschiedensten Gruppen, wie man schon mit bloßem Auge sehen kann. Mit dem Fernrohr aber findet man Tausende von Sternhaufen, von Massen, die aus unzähligen Sternen bestehen. Sehr bekannt

ist die Sterngruppe der Plejaden oder des „Siebengestirns", wovon umstehende Abbild. 9 eine Darstellung giebt und in welcher mit bloßem Auge 5 bis 10 Sterne gesehen werden. Einer von den vielen sehr sternreichen Haufen ist der im Sternbilde des Tukan am südlichen Himmel, der gleich

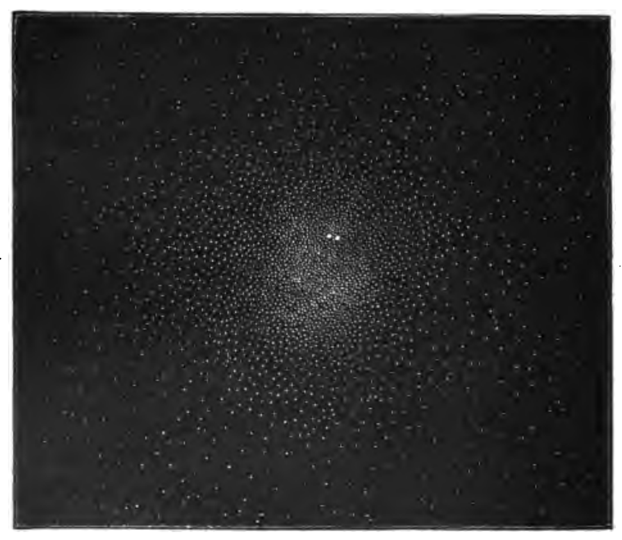


Abb. 10. Sternhaufen im Tukan.

vielen anderen Sternhaufen aus unzähligen Sternen 12ter bis 16ter Größe besteht. (Abb. 10.) Im Sternenbilde des Zentauren fand John Herschel einen Sternenhaufen, der dem bloßen Auge nur als ein Sternchen 4ter bis 5ter Größe erscheint, im Fernrohr aber sich als eine der reichsten Anhäufungen mit zahllosen Sternpünktchen erweist.

Die Untersuchungen mit Spektroskop[24]) und Polariskop[24]) haben gelehrt, daß die Fixsterne gleich unserer Sonne glühende selbstleuchtende Körper sind; hiernach scheinen sie ebenso viel Sonnen in großer Ferne vorzustellen, umgekehrt wäre unsere

Sonne ein Fixstern in der Nähe. So ist es auch; die riesenhaften Abstände der Fixsterne von unserer Erdenwelt erklären die scheinbare Kleinheit dieser Sonnen, sowie die Kleinheit der Wärme, die wir von ihnen empfangen; es hört alles Denken auf, wenn man sich die Fernen vorzustellen sucht, in denen sich diese Weltkörper nach den astronomischen Untersuchungen befinden und die von einem Stern zum andern bestehen. Man hat in der Astronomie ein Maaß eingeführt, welches große Entfernungen besser in Zahlen ausdrücken läßt, als bei Angaben nach Meilen oder Kilometern: die Lichtzeit. Man nennt diejenige Strecke ein Lichtjahr, zu deren Durcheilen der Lichtstrahl ein Jahr gebraucht. Das Licht legt aber schon in jeder Sekunde 40,500 Meilen zurück und darum ist ein Lichtjahr etwa 1 Billion 280,000 Millionen (128 Milliarden) Meilen lang. Zum Durchfliegen eines Lichtjahres würde unsere Kanonenkugel 600,000 Jahre brauchen. Der allernächste Fixstern — von der Sonne abgesehen — ist ungefähr 3½ Lichtjahre von uns entfernt. Es ist dies ein Stern 1ter Größe im Sternbilde des Zentauren am südlichen Himmel. Um sich vorzustellen, was diese Zahl besagen will, so nehmen wir einmal an, die ganze Welt wäre so sehr verkleinert, daß unser mächtiges Planetensystem bis zur Neptunsbahn nicht größer wäre, als wie es unsere Abbildung Seite 17 darstellt, nämlich im Durchmesser etwa 11 Zentimeter, das heißt, ein jeder Zentimeter enthielte noch etwas mehr, als 100 Millionen Meilen. Dann würde sich der nächste Fixstern doch noch immer 418 Meter weit von unserem Bilde befinden.

Es sind von den Astronomen bis heute nur wenige und zwar meist größere Sterne auf ihre Entfernung bestimmt worden, weil die Schwierigkeiten solcher Messungen ins

Außerordentliche gehen. Doch wurde mehrfach versucht, aus den gemessenen Abständen und aus Vergleichen der Lichtstärke die durchschnittlichen Abstände der Fixsterne verschiedener Größenklassen schätzungsweise zu bestimmen und so ergiebt sich (nach dem Astronom Gyldén) die Durchschnittsentfernung der Sterne 1ter Größe zu 36 Lichtjahren, 2ter zu 56, 3ter zu 85, 4ter zu 132, 5ter zu etwa 200 und 6ter Größe zu ungefähr 300 Lichtjahren. Die kleinsten der in den jetzigen Fernrohren wahrnehmbaren Sterne würden hiernach die undenkbare Weite von 9 bis 14,000 Lichtjahren von uns abstehen. Diese Zahlen sind indessen höchst unsicher. Der Astronom C. A. F. Peters z. B. fand alle diese Entfernungen nur etwa halb so groß.

Berühmte Astronomen suchten zu ermitteln, welche Gestalt die uns sichtbare Sternenwelt eigentlich besitzt und insbesondere, ob die Milchstraße nur ein Hintereinander von Sternenhaufen und einzelnen Sternen ist, oder ob dieselbe das um uns zerstreute Heer der näheren Sterne als wirklicher Ring umgiebt. Im ersteren Falle würde unsere ganze Sternenmasse vielleicht einer linsenförmigen Scheibe in der Gestalt ähnlich sein. Aber trotz unglaublicher Mühe und Arbeit der beiden Herschel, Argelander's, Struve's und vieler anderer Astronomen ist es bis zum heutigen Tage unmöglich geblieben, bestimmt zu sagen, ob diese ungeheuere Masse von Sternen hauptsächlich ein Ring oder eine Scheibe ist. Doch schien W. Herschel, der anfänglich die Scheibengestalt gefunden zu haben glaubte, gegen Ende seines Lebens eher die Ringform anzunehmen und Proctor suchte in neuester Zeit durch eingehende Untersuchungen eine ringähnliche Gestalt zu beweisen. Auch nach den Untersuchungen Lalande's, Bessel's, Argelander's und besonders R. Wolf's wird die Ringgestalt der Milchstraße

sehr wahrscheinlich, was auch mit dem unmittelbaren Aussehen derselben übereinstimmt. Jedenfalls aber ist die Breite des Ringes außerordentlich groß und viel größer, als der innere Durchmesser.

Da uns die Milchstraße auf allen Seiten, wenn auch in verschiedener Helligkeit, erscheint, so befinden wir uns mit unserer Sonne, gleich vielen anderen Fixstern-Sonnen innerhalb des Ringes, doch nicht ganz in dessen Hauptebene, sondern etwas nach derjenigen Seite hin, wo das Sternbild der Jungfrau steht.

Die Grenze der Sternenmasse, welche sich uns mit der Umfassung der Milchstraße darstellt, scheint mit den Fernrohren der Jetztzeit an vielen Stellen noch lange nicht erreicht zu sein, denn wie die raumdurchdringende Kraft der Fernrohre auch wächst, tauchen in manchen Gegenden immer wieder neue Nebelschimmer von Sternen auf, die der Milchstraße zugezählt werden dürfen. Ueber die äußere Gestalt und Größe des Weltenkranzes unserer Milchstraße weiß die Astronomie heute darum noch Nichts.

Die Fixsterne bewegen sich gleich unserer Sonne durch den Raum hin, wie zuerst Galley (1717) und Jaques Cassini (1738) entdeckten, und zwar nach den umfassenden Beobachtungen dieses Jahrhunderts nach allen möglichen Richtungen, wenngleich im Verhältniß zur Ausdehnung der Fixsternenwelt äußerst langsam. Die Fixsterne führen also ihren Namen mit Unrecht und nach Verfluß von Jahrtausenden und Jahrmillionen werden die Sternbilder ganz anders aussehen, als heute. Daß die Bewegungen der Fixsterne so wenig bemerkbar sind, hat seinen Grund eben in der riesigen Ausdehnung der Sternenwelt; scheint doch schon ein dahinrollender Eisenbahnzug, von großer Ferne, etwa von einem Berge aus betrachtet, fast stillzustehen. So wie die ent-

fernten Gegenstände klein aussehen, so erscheint auch ihre Bewegung kleiner. Je entfernter die Sterne stehen, desto ruhiger, unbeweglicher müssen sie uns erscheinen.

Da nun alle diese unzähligen Fixsterne Sonnen gleich unserer Sonne sind, so darf man vermuthen, daß dieselben auch vielleicht alle von Planeten umkreist werden, von denen viele, wie unsere Erde, von lebenden Wesen gleich uns, von allerlei Thieren bewohnt, von Pflanzen überwuchert werden und auf denen sich all das Treiben, das Leben voll Freude und Leid, voll Kampf und Arbeit abspielt, wie hier auf unserem kleinen Erdenkörper.

Was ist nun aber außerhalb des Milchstraßen-Systems? Ist der Raum dort jenseits hinaus leer?

Außer den Fixsternen sind von den Astronomen Tausende von Gebilden aufgefunden worden, die wegen ihres nebeligen, wolkenartigen Aussehens und ihrer verwaschenen Formen Nebelflecken genannt worden sind. Erweisen sich auch viele dieser Nebelflecken als Sternhaufen gleich den Häufungen in der Milchstraße, und mithin als solche Massen, die zu unserer Fixsternenwelt gehören, so sind doch eine große Menge Nebelflecken selbst mit den größten Fernrohren nicht in Sterne aufgelöst oder für auflösbar befunden worden, während aus dem Lichte dieser Massen zufolge der spektroskopischen Untersuchung geschlossen werden darf, daß wir es bei diesen ebenfalls mit gewaltigen Ansammlungen von Sternen zu thun haben. Man sieht nun in vielen derartiger Gebilde Sternenheere, welche mit unserem Milchstraßen-System an Ausdehnung verglichen werden können, die aber von unserer Welt durch unermeßlich weite Räume geschieden sind. Deren Entfernungen schätzt man nach vielen Millionen von Lichtjahren. Von jenen Welten aus betrachtet, würde sich unser ganzes ungeheueres Milchstraßen-

System im Fernrohr vielleicht ebenfalls nur wie ein kleiner schwacher Nebelfleck darstellen.

Doch nicht alle nebeligen Massen am Himmel sind Sternhaufen. In der Neuzeit ist mittelst des Spektroskops erkannt worden, daß viele derselben aus aufgelöster, glühend-dampfartiger Materie, aus glühenden Gasen bestehen.

Die scheinbaren Größen, die Lichtstärke und die Gestalten aller dieser Nebelflecken sind so verschieden, wie nur möglich.

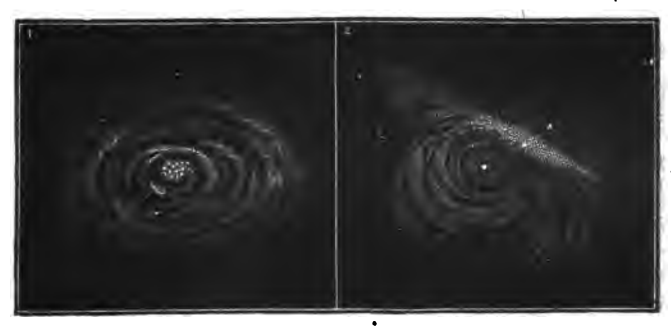


Abb. 11. Spiralig geringelte Nebel.

Von den großen Sternhaufen und verschwommenen Lichtwolken der Milchstraße und anderer großer nebeliger Flächen am Himmel bis zu den kleinsten, schwachschimmernden, nur mit den stärksten Fernrohren wahrnehmbaren Nebelpünktchen, von den unbestimmtesten, verwaschenen Massen bis zu fast scharf begrenzten, oft kreisrunden Scheiben- oder Kugelgestalten giebt es alle möglichen Abstufungen, die verschiedensten Gestalten, Lichtstärken, Ausdehnungen. Die Gestalten sind bandartig langgestreckt, gewunden, spiralförmig, ringförmig, länglich-rund, kreisförmig, durchlöchert, zerrissen, ganz unregelmäßig wie Wolken u. s. w., manche mit sternartigen Verdichtungen oder wie im Nebel stehende Sterne. Viel verbreitet sind länglich-runde, sodann spiralige und

geringelte Formen wie die beiden vorstehend abgebildeten, von denen Nr. 1 einen Nebel im Sternbilde des großen Bären, Nr. 2 einen im Pegasus darstellt. Sieht man von der Milchstraße ab, so ist der scheinbar größte Nebelfleck der große im Sternbilde der Andromeda, welcher ungefähr 30mal so groß wie die Fläche des Vollmondes erscheint.

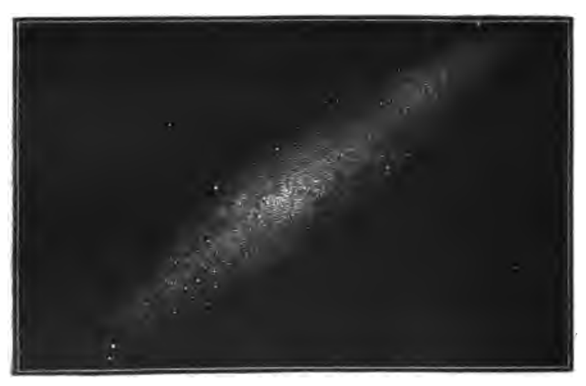


Abb. 12. Der große Andromeda-Nebel.

In kleinen Fernröhren sieht der Nebel elliptisch aus, gegen die Mitte heller, wie Abbildung 12 darstellt; in großen Instrumenten dagegen verschwindet das regelmäßige Aussehen beinahe gänzlich. Der Nebelfleck erscheint dann innen getheilt, durchlöchert, an einzelnen Stellen verdichtet und man bemerkt ringsum schwach leuchtenden Nebeldunst, wo auf unserem Bilde nichts zu sehen ist. Andere große Nebelmassen sind: der große Nebel im Sternbilde des Orion (Abbildung Seite 76), ein solcher in den Fischen, einer im Wassermann und andere.

Ueber die wahren Entfernungen der Nebelflecken können die Astronomen bis heute noch weniger angeben, als über die Fixsternabstände. Wir sind daher hier rein auf Ver-

muthungen angewiesen. Berücksichtigt man aber die so außerordentlich große Verschiedenheit der scheinbaren Größen, der Helligkeit und manche andere Umstände, so kommt man zu dem Schlusse, daß ein großer, wenn nicht der größte Theil, der kleinen und kleinsten Nebelflecken, vielleicht auch einige große, wie der Andromeda-Nebel, nicht zu unserer Milchstraßenwelt gehören, sondern sehr weit davon abstehen, wie schon erwähnt; andererseits werden manche Sternhaufen, Nebel und Nebelsterne unserem System zuzurechnen sein.

Wieweit sich die materielle Welt durch die Unendlichkeit hin ausdehnt und ob die Sternsysteme im Raum überall zu finden und darum ohne Zahl sind, dies durch Beobachtung zu ermitteln, wird der menschlichen Wissenschaft nie möglich werden, weil die Fernrohre auch bei der höchsten Vervollkommnung und Kraft doch immer nur endliche Räume, nur Theile des Weltraums durchdringen können.

Nimmt man an, daß nicht nur der Raum, die Leere, sondern auch die Körperwelt sich in alle Fernen hin ausdehnt, so bleibt alles mit dem Fernrohr Sichtbare doch nur ein äußerst kleines Stück des Ganzen, denn selbst Millionen Lichtjahre sind ein Nichts neben der Unendlichkeit.

III. Abschnitt.

Das ewige Material der Welt und sein Urzustand.

Alles Greifbare, Sichtbare, Fühlbare, alles das, woraus die Welt mit Allem, was darinnen ist, besteht, das nennen wir Stoff oder Materie. Der Stoff ist Dasjenige, was den Raum ausfüllt, vernichtet, der Gegensatz des Raumes, und wenn der Raum ein Nichts ist, so ist der Stoff ein Etwas, eine Sache, eine Thatsache. Mit dem Begriff „Stoff“ verbinden wir eine der Grundthatsachen des Wissens, d. h. derjenigen Thatsachen, welche wissenschaftlich nicht weiter zerlegt und erklärt werden können. Von den verschiedensten Dingen und Erscheinungen der Welt können Erklärungen gegeben werden, d. h. sie können in andere schon bekannte Dinge oder Erscheinungen zerlegt gedacht werden. Die Erklärung des Messings z. B., daß es aus Kupfer und Zink bestehe, ist die vorstellweise, die gedachte Zerlegung desselben in die bekannten Metalle Kupfer und Zink. Dagegen ist Stoff eben Stoff; weiter können wir nicht.

Wir werden daher niemals über den Stoff mehr wissen und erfahren, als alle seine Eigenschaften und Zustände und die Regeln derselben, die wir Naturgesetze nennen. Das ist aber auch gerade genügend, ja noch mehr: es ist das denkbar Möglichste. Denn was sonst noch wissenschaftlich und philosophisch zu leisten übrig bleibt, ist gleichbedeutend mit einem wissenschaftlichen Verschlingen, Vernichten des Stoffes. Ein anderes ist es mit der Frage nach dem

Zweck des Stoffes, die indessen mit dem philosophischen Räthsel vom allgemeinen Weltzweck zusammenfällt.

Die wesentlichsten, fundamentalen Eigenschaften der Materie sind: die Unvernichtbarkeit, die Unvermehrbarkeit, die Undurchdringlichkeit, die Trägheit und die Schwere.

Mit den Arbeiten des Franzosen Lavoisier (geb. 1743) beginnt ein neues Zeitalter der Wissenschaft von den Stoffen der Welt. Lavoisier erhob die Wage zum ersten und wichtigsten Instrument der Chemie und legte dadurch den wissenschaftlichen Grund für die Erkenntniß, daß die Materie unverwüstlich, wie unvermehrbar ist. Vermuthet wurde die Unvernichtbarkeit des Stoffes allerdings schon seit lange; mehrere Denker des griechischen Alterthums, z. B. Demokrit, scheinen von der vollkommenen Dauerhaftigkeit des Stoffes fest überzeugt gewesen zu sein.

Heute ist es vollendete Gewißheit: Der Stoff ist unvergänglich und nicht zu vermehren. Die sinnlich erkennbare Existenz des Stoffes ist eine absolute, d. h. eine unbedingte, von allen Erscheinungen, allen Gesetzen, allen Einflüssen, aller Zeit unabhängige, vollkommen selbständige, unveränderliche Existenz. Die Materialien, soweit sie uns bekannt sind, können weder durch Naturkräfte, noch durch menschliche Arbeit erzeugt oder vernichtet werden. Nicht das kleinste Stäubchen ist auf natürliche Weise zu erzeugen. Andererseits geht das Stück Holz, welches wir in's Feuer werfen, seiner Stoffmenge nach dabei nicht verloren, sondern nur seine Form und seine Stoffverbindungen werden zerstört. Holz besteht größtentheils aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Kalzium. Indem das Holz verbrennt, lösen diese Stoffe ihre Verbindungen, gehen auch neue ein, und wenn wir die Aschenrückstände, die Wasserdämpfe, den

Kohlenstoff im Rauch, die neu entstandene Kohlensäure und alle sonstigen Verbrennungserzeugnisse abwägen, so finden wir genau dasselbe Gewicht wieder, als was vorher alle betheiligten Stoffe zusammengenommen besaßen.

Alles, was Menschenkraft und Menschenarbeit bezüglich des Stoffes vermag, ist nichts mehr, als Veränderung desselben der Form und dem Ort nach, betrachten wir nun das Zertheilen oder Zusammenfügen der Materialien, die Gestaltung mit Meißel und Feile, das Lackiren, Färben und Malen, die Arbeit des Bergmanns oder welche menschliche Arbeit es auch sei; und da auch die Formveränderung nur eine besondere Art der Ortsveränderung, nämlich Ortsveränderung einzelner Theile eines Gegenstandes vorstellt, so ergiebt sich als menschliche Arbeit nur eine einzige Gattung von Veränderungen, nämlich Ortsveränderung im weiteren Sinne, Fortbewegung und Versetzung des Stoffes von einer Stelle zu einer anderen.

Die Unvernichtbarkeit der Materie beruht zum guten Theil auf der Undurchdringlichkeit. Diese, die dritte wesentliche Eigenschaft der Materie, besteht darin, daß an der Stelle, wo sich bereits ein Stückchen Stoff befindet, nicht gleichzeitig noch andere Stofftheile sein können. Der Schwamm, der Wasser aufsaugt, wird nicht vom Wasser durchdrungen, sondern nur seine Poren füllen sich mit Wasser. Die in das Holz eindringende Säge reißt diejenigen Holztheile mit weg, die ihren Zähnen im Wege sind. Ein eigentliches Durchdringen des Stoffes giebt es also nicht.

Auch die Naturkräfte und Naturvorgänge können nichts Anderes bewirken, als Ortsveränderung, also Bewegung der Materie. Die unermeßliche Hitze, welche auf der Sonne herrscht, ist nicht im Stande, die Sonnenstoffe zu vernichten. Die Wärme verändert in letzter Linie nur die inneren Zu-

stände der Materie. In einem warmen Körper befinden sich nämlich die einzelnen Theilchen in feiner zitternder, d. h. hin- und hergehender, äußerst schneller Bewegung; Wärme ist eine Bewegung der Theilchen innerhalb der Körper, also weder eine Kraft, noch ein Gegenstand oder Stoff, sondern ein Zustand der Körpertheilchen. Da jeder Stoff, jeder Körper in kleine Theilchen zertheilt werden kann, so besteht er eben aus solchen Theilchen; aber diese Theilchen lassen selbst im festen Stoffe, im dichtesten Metall noch immer kleine Räume zwischen sich, innerhalb deren sie sich geradlinig oder pendelartig hin und her oder auf und ab schwingen können. Je heftiger die Bewegung der Theilchen, desto heißer ist der ganze Körper und bei einem gewissen Grade der Bewegung löst sich ein festes Stück Material, sofern es nur aus einem Stoffe oder aus wärmebeständigen Verbindungen besteht, in Flüssigkeit auf, der feste Zusammenhang ist gestört. Bei noch größerer Hitze tritt die Verdampfung ein, das ist: das Fliehen und Davonfliegen der Theilchen. Man unterscheidet heute vier ziemlich scharf von einander abweichende Zustände, welche alle bekannten Stoffe bei steigender Erwärmung durchlaufen, die sogenannten Aggregatzustände: fest, flüssig, gasförmig, strahlend. Der Zustand der Strahlung ist nach den Untersuchungen Crookes's derjenige der schrankenlosen Ausbreitung durch jeden Raum und alle Entfernungen, also gewissermaßen äußerst gesteigerte Gasförmigkeit. Im festen und flüssigen Zustand erscheint der Stoff gesammelt, im gasförmigen und strahlenden zerstreut.

Alle Wärme, alle Bewegung, die räthselhafte Elektrizität, wie alle Kraft, ist an die Materie gebunden und so gelangen wir zu dem Resultat: der Stoff kann sich selbst nicht vertilgen. Stoßen zwei Weltkörper im Raum mit äthererschütternder Gewalt zusammen, so entsteht Schall, Wärme

und Licht. Die plötzlich gehemmte Bewegung geht in Bewegung der Theilchen über, die ganze Masse wird heißer, als sie vorher war, aber kein Atom geht verloren. Wir wollen uns hier gleich klar machen, wie die Zitterbewegungen: Schall, Wärme und Licht entstehen, welche (in größerem oder geringerem Maaße) auf jeden Zusammenstoß von Körpern folgen. Für diesen Zweck müssen wir aber zuvor der vierten großen Haupteigenschaft des Stoffes, der Trägheit, näher treten.

So selbstverständlich, wie dem gewöhnlichen Verstande bei einigem Nachdenken die Undurchdringlichkeit des Stoffes erscheinen will, so wenig glaubwürdig wird ihm die Trägheit oder das Beharrungsvermögen gelten. Diese Eigenschaft läuft nämlich darauf hinaus, daß ein Klumpen Stoff, einmal in Bewegung versetzt, bis ans Ende der Tage, d. h. in alle Ewigkeit in dieser Bewegung verbleiben und stets in gerader Linie forteilen würde, wenn andere Stoffe oder Kräfte diese Bewegung nicht hinderten. Ein geworfener Stein würde ununterbrochen in gerader Richtung weiterfliegen, wenn die Luft, die Erdoberfläche, zu welcher er durch seine Schwere herniedergezogen wird, nicht hindernd in den Weg träten. Man glaubt gewöhnlich, daß zur Unterhaltung einer Bewegung auch unter allen Umständen eine Kraft erforderlich sei. Der Astronom Newcomb nennt diesen Glauben den größten Irrthum, der fast alle Geister bis zu Galilei's Zeit gefangen hielt. Aber noch in der allerneuesten Zeit sind in Deutschland Aufsätze gedruckt worden, welche solchen Irrthum früherer Jahrhunderte als populäre Wissenschaft vortragen.

Zur Fortsetzung, zur Erhaltung einer Bewegung ist stets nur soviel Kraft erforderlich, als die Ueberwindung der Widerstände, z. B. der Reibung, der Luft, des Wassers, verlangt. Sind die Widerstände gering, so ist auch die Kraft

gering, welche nothwendig ist, um einen in Bewegung begriffenen Körper in Bewegung zu erhalten, und ist der Widerstand gleich Null, so bedarf es für Fortsetzung der Bewegung gar keiner Kraft, gleichviel wie groß und schwer der bewegte Körper ist. Anders ist es aber beim Beginn einer Bewegung, oder wenn eine bestehende Bewegung aufgehoben, gehemmt, oder wenn die Richtung oder Geschwindigkeit einer Bewegung geändert werden soll: zu jedem solchen Wechsel ist Kraft nothwendig und zwar umsomehr Kraft, je schwerer der Körper ist. Einen interessanten Beweis dieser Sätze kann man sich verschaffen, wenn man das Verhalten einer Kugel im fahrenden Eisenbahnwagen beobachtet. Obgleich der Zug in größter Eile dahinbraust, bleibt die Kugel (kleine Schwankungen und Stöße abgerechnet) regungslos auf der Hand oder dem Fußboden liegen, solange die Bewegung des Zuges geradlinig und gleichmäßig ist. Die Kugel bewegt sich so schnell, wie der Bahnzug selbst und da sie während ihrer Bewegung keinerlei Widerstände erfährt, so bedarf es nicht der geringsten Kraft, nicht die Spur einer solchen, um sie in Bewegung zu erhalten. Auch wenn wir sie aus der Hand fallen lassen, bleibt sie während des Fallens nicht um die Zugbewegung zurück, sondern sie fällt zu Boden, genau so, als stände der Zug still. Es ist für einen im Eisenbahnzuge fallenden Körper also ganz gleichgiltig, ob der Zug stillsteht oder mit größter Eile dahin fährt. Würde der Zug in seiner Bewegung plötzlich gehemmt, so würde die Kugel mit der bisherigen Geschwindigkeit des Zuges nach vorn stürzen, gleichviel ob sie auf dem Fußboden liegt oder ob sie in demselben Augenblick fallend in der Luft schwebt.[25])

Im Weltraum giebt es fast keine Reibung und luftartige Widerstände, darum zeigen die Bewegungen der Welt-

körper auch fast gar keine stetige Verzögerung oder Abnahme der Bewegung. Darum schwingt sich der Mond Jahrhundert um Jahrhundert unermüdlich um die Erde, wie es auch die Erde sammt den übrigen Planeten bezüglich der Sonne thut. Darum wälzt sich der Erdball unaufhörlich um seine Axe, wie sich auch ein Kreisel ewig drehen würde, wenn er von aller Reibung befreit wäre.

Die Eigenschaft, welche allen diesen Erscheinungen zu Grunde liegt, die genannte Trägheit der Materie, ist nun auch die Ursache, daß die gehemmte Bewegung zweier zusammenstoßenden Körper in Zitterbewegung der Theilchen sich verwandelt. Wegen der Trägheit können sich die Bewegungen aller einzelnen Theilchen der zusammenstoßenden Körper nicht so rasch ändern, wie der Stoß erfolgt; jedes Theilchen, welches in der Richtung seiner bisherigen Bewegung noch ein Räumchen vor sich hat, stürzt weiter, ähnlich vielleicht, wie die Insassen und Gegenstände in einem Eisenbahnzuge, welcher durch Zusammenstoß plötzlich gehemmt wird, und da die Stofftheilchen sich nicht weit bewegen können, ohne anzustoßen, weil sie rundum von anderen Theilchen umgeben sind, so bleibt ihnen nichts Anderes übrig, als innerhalb des ihnen zugehörigen Raumes hin und her oder auf und ab zu hüpfen oder zu schwingen. In kürzester Zeit befindet sich die gesammte Materie solcher Körper in zitternder Bewegung, die sich als Schall, Wärme und Licht[26]) darstellt.

Die Wärme ist nur eine besondere Art, Form von Bewegung und der heftigste Zusammenstoß kann für die betreffenden Stoffe nichts Anderes zur Folge haben, als bedeutende Erhitzung und Verwandlung derselben in Gas und Dampf.

Alle Veränderungen, die mit den Stoffmassen vorgehen



können, beschränken sich hiernach unter allen Umständen auf Aenderung der Zustände, der Formen, der Gestalten, der Bewegung, des Ortes im Raum, auf Veränderung der Gruppirungen und Abstandsverhältnisse. Das Gesammtgewicht, das Gesammtquantum des Stoffes im Weltall bleibt stets dasselbe.[27]) Die Stoffe, die heute unsere Erde und Alles, was darauf lebt, zusammensetzen, werden nie vergehen, sowie wir (nach Anhang Nr. 27) annehmen müssen, daß sie von jeher bestanden haben; sie haben in Wahrheit ein „ewiges Leben". Damit ist jedoch nicht gesagt, daß die Erdkugel von Ewigkeit her dagewesen ist und in alle Zukunft bestehen wird, denn sie ist ja nur eine Form des Stoffes. Dasselbe gilt für die übrigen Weltkörper. Die Formen allein sind wandelbar und vergänglich. Auf unserer Erde selbst zeigt sich im Kleinen, wie ein ewiger Wechsel der Formen stattfindet. Menschen, Thiere und Pflanzen vergehen, verwesen; die Bestandtheile dieser Wesen (hauptsächlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Kalzium und Stickstoff) gehen andere Verbindungen ein, dienen zur Bildung und Nahrung lebender Pflanzen, Thiere und Menschen, verwandeln sich in Bestandtheile des Lebenden, um bei gewissen Einflüssen wieder auseinander zu fallen. So ist unser Fleisch und Blut vielleicht schon millionenmal menschliches Fleisch und Blut gewesen, insofern der Kohlenstoff, das Wasser unserer Körper einst die Stoffe früherer Generationen, längst bis auf die letzte Spur aufgelöster Menschen bilden mochten. In unseren Bächen und Strömen fließen unsere Vorfahren und ebensogut auch unsere spätesten Nachkommen und aus den Stofftheilchen der Urwälder des alten Europa setzen sich möglicherweise die Muskeln und Nerven vieler unserer Zeitgenossen zusammen.

Einen ähnlichen Wechsel der Formen, Austausch und

Durchmischung der Stoffe dürfen wir auch in der großen Welt der Himmelskörper, im ganzen Weltall für wahrscheinlich halten. Wir kommen schon auf diesen Gedanken, wenn wir die Verbreitung und Gleichartigkeit der Stoffe in der ganzen unserer Beobachtung zugänglichen Welt in's Auge fassen.

Aehnlich wie die Erdmassen und Gesteine des fernen Amerika oder Australien dieselben Stoffe als ihre Bestandtheile aufweisen, aus denen unser europäischer Boden, unsere heimathlichen Gebirgsmassen bestehen, so enthalten auch die fernen Sonnenkugeln und Nebelmassen allem Anschein nach nur solche Stoffe, die sich auch bei uns auf der Erde und auf der Sonne vorfinden. Es ist das Spektroskop, welches unsere Kenntniß von der Zusammensetzung der Welt so wunderbar bereichert hat. Das Farbenbild oder Spektrum zeigt nicht nur, ob der glühende Stoff eines Weltkörpers, von welchem der Lichtstrahl ausgeht, sich in gesammeltem (festem, flüssigem) oder gasförmigem Zustande befindet, sondern es weist auch nach, welche unserer bekannten Stoffe in den glühenden Dampf- und Gashüllen aufgelöst sind, von denen die Sterne, wie unsere Sonne, umgeben sind. Nach den wichtigen Entdeckungen und Untersuchungen der deutschen Forscher **Kirchhoff** und **Bunsen** (deren Vorläufer die Engländer Wollaston [1802], Brewster, John Herschel, Talbot, der Franzose Foucoult [1849] waren) stehen im kontinuirlichen (zusammenhängenden) Spektrum glühender Körper, deren Licht von glühenden Gasen und Dämpfen von niedrigerer Temperatur verdunkelt wird, an denjenigen Stellen **dunkele** Linien, an welchen helle farbige Banden erscheinen **würden**, wenn nur das Licht jener Gase und Dämpfe durch das Spektroskop ginge. Da z. B. glühender Wasserstoff ein aus drei Linien, einer rothen, einer grünblauen und einer violetten Linie bestehendes Spektrum liefert,

so erscheinen in dem Spektrum eines glühenden festen oder flüssigen Stoffes an Stelle jener drei Wasserstoffbanden dunkele Linien, wenn das Licht des Stoffes durch glühendes Wasserstoffgas von geringerer Hitze strahlen muß. Wasserstoffgas ist also für solche Strahlen, welche in der Farbe mit seinen eigenen Strahlen übereinstimmen, undurchsichtig, undurchlässig, für alle übrigen nicht. Mit den übrigen Stoffen verhält sich's ebenso. Ein Flächenspektrum, welches von solchen dunkeln Linien unterbrochen ist, heißt Absorptionsspektrum, weil die dunkeln Linien durch Absorption (Verschluckung) entstehen.

Indessen ist die Wissenschaft heute noch nicht so weit, auch den Aggregatzustand und die Zusammensetzung des Kerns einer Sonne mit Sicherheit zu erkennen. Das Spektroskop leistet viel, aber noch lange nicht Alles. Wenn eine große Menge verschiedenster glühender Gase beieinander ist, und jedes liefert eine Anzahl heller Linien, so muß ein Spektrum erzeugt werden, das von einem Absorptionsspektrum schwer zu unterscheiden ist. Darum wissen wir auch noch nicht, ob der Kern unserer Sonne (und dasselbe gilt von den Fixsternen) ein glühender Gasball oder eine Kugel glühendflüssiger Stoffe ist.

Immerhin ist es gewiß, daß die Dampfhüllen der Sonne, wie der fernsten Sterne Stoffe enthalten, die auch unsere Erde besitzt, und schließen wir aus der Zusammensetzung der Dampfhüllen auf die der Kerne — und das dürfen wir mit großem Recht — so erscheint uns die gesammte wahrnehmbare Stoffmasse des Weltalls einheitlich, gleichartig und verwandt.

Bedürfen wir noch weiterer Beweise für die Verwandtschaft der Stoffe des Weltraums mit denen unserer Erde, so bieten sich diese in den aus dem Weltraum zur Erde niederstürzenden Meteormassen. Dieselben bestehen aus

genau demselben Eisen, demselben Silizium, dem Sauerstoff, Kalzium u. s. w., wie es unser Erdboden enthält.

War der Stoff von Ewigkeit her vorhanden und kann alle etwaige Veränderung, jede Art von Entwickelung des Weltalls nur in einem Wechsel der Formen und Gruppirungen des Stoffes bestehen, so wird es sich bei unseren weiteren Darlegungen nicht im Geringsten mehr um die Frage handeln, wie die Erde, die Gebirge und Meere, Sonne, Mond und Sterne aus Nichts entstanden seien, sondern darum, welches die ursprünglichste Gestalt, der anfänglichste Zustand der unvergänglichen Materie gewesen sein muß und wie sich daraus unsere gegenwärtige Welt entwickeln und ordnen mußte. Ebenso wird sich uns das Ende der Welt nicht als eine Vertilgung des Stoffes darstellen, sondern lediglich als eine Vernichtung der jetzigen Formen der Welt.

Wir wissen heute von einer Entwicklung und Veränderung im Reiche der Thiere und Pflanzen; wir sehen im Laufe eines Jahres in der Natur Entwicklung, Wachsthum, Blühen, Reifen und Absterben; durch die Geschichte wurde es uns zur Ueberzeugung, daß sich das Menschengeschlecht entwickelt, daß die gesellschaftlichen, staatlichen Einrichtungen im Ganzen und Großen einem entschiedenen Fortschreiten im Sinne der Demokratie, also zu Frieden und Freiheit der Völker, unterworfen sind — giebt es denn nun aber auch im Weltall eine Entwickelung? Und was berechtigt uns zu der Annahme, daß auch die großen Weltkörper ihre Geschichte haben, nur vergängliche und wechselnde Formen des Stoffes seien? Hier scheint sich gar nichts zu verändern oder zu entwickeln, wie schon auf Seite 4 dargelegt wurde.

Wir besitzen indessen eine große Menge Thatsachen, die für eine Entwicklung und allmälige Veränderung des Weltalls



sprechen. Unter diesen Thatsachen sind einige ganz unumstößlich, nämlich die nachstehend genannten:

1. Wo glühende oder heiße Körper mit kälteren in Berührung sind, dort findet erwiesenermaßen eine Abkühlung der heißeren, eine Erwärmung der kälteren Körper statt; die Wärme hat gleichsam das Bestreben, sich auf die Massen gleichmäßig zu vertheilen. Da nun, wie wir gesehen haben, thatsächlich hochglühende Körper zahlreich vorhanden sind, die mit der allgemeinen, unvorstellbar kalten Weltluft (nach Pouillet Kälte 142 Grad des 100theiligen Thermometers), dem Aether, in Berührung stehen, so giebt es zunächst Abkühlung der heißeren und Erwärmung der kälteren Körper und Stoffe im Weltall. Da ferner von den Temperaturzuständen der Materie deren Aggregatformen (Gasform, Flüssigkeit u. s. w.) abhängen, so wird es im Weltall auch eine Veränderung der Aggregatzustände geben.

2. In den Erdschichten aller Zonen[28]), selbst in denen der kältesten Länder, wie Sibirien, finden sich massenhaft Versteinerungen[29]) von solchen Pflanzen und Thieren, deren Formen und Aehnlichkeiten heute nur noch in den allerheißesten Erdstrichen, den Tropen Afrika's, Südamerika's u. s. w. vorkommen und welche zeigen, daß zu deren Lebzeit eine beträchtlich höhere Wärme auf der Erde im Allgemeinen geherrscht habe, als es gegenwärtig der Fall ist. Auch die Kohlenlager, welche aus großen Wäldern riesiger strauch- und baumartiger, saftreicher Pflanzen entstanden sind, beweisen, daß zur Zeit jener Wälder eine sehr heiße und feuchte, äußerst fruchtbare und kohlensäurereiche Atmosphäre die ganze Erde umgeben haben muß, denn solche Lager finden sich in den verschiedensten Erdgegenden. Die Pflanzenwelt jener Vorzeit muß hinsichtlich Reichthum und Ueppigkeit unvergleichlich großartiger gewesen

sein, als es unsere gegenwärtigen Urwälder Brasilien's oder Afrika's sind.

3. Der uns in Bergwerken, Bohrlöchern, Steinbrüchen und Gruben zugängliche innere Erdboden zeigt überall



Abb. 11. Wald aus der Steinkohlenperiode.

deutliche Schichtungen, also ein im Laufe der Zeit vor sich gegangenes Uebereinanderlagern der Gesteine und Erdmassen. Die Schichtungen sind von den Geologen mit vollständiger Sicherheit fast sämmtlich als Absätze und Ablagerungen aus Meeren und Gewässern erkannt worden, was wir später eingehender betrachten werden. Diese Schichtungen lassen nicht nur Veränderung der Erdoberfläche überhaupt erkennen, sondern sie beweisen auch, daß allerlei hin und wieder plötzlich eingetretene Umwälzungen auf der Erde, Er=

hebungen, Senkungen großer Gebiete der Erdoberfläche und demzufolge Ueberfluthung derselben durch die Ozeane vorgekommen sind, weil die Ablagerungen nur auf diese Weise die Schichtenform annehmen können. Ferner sind frühere Umwälzungen der Erdmassen nachgewiesen in den Veränderungen der Lage der Schichten in Gebirgsgegenden, den Durchbrechungen der Schichten durch andere Ströme und Lager von Mineralien, den Aufrichtungen, Spaltungen der Erdmassen u. dergl. Die Erdrevolutionen reichen übrigens bis in unsere Gegenwart herein, indem Umgestaltung von Ländern durch vulkanische Ausbrüche und Erdbeben, langsame Hebungen und Senkungen ganzer Länder und Erdtheile sich noch vor unseren Augen abspielen.

4. Die Kometen erfahren vielfache Veränderungen ihrer Gestalten. Im Jahre 1846 z. B. spaltete sich der Biela'sche Komet in zwei Theile, die alsdann gesondert durch den Weltraum zogen.

5. In den Regionen der Fixsterne findet Bewegung statt, welche der Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels widerspricht. Da die Bewegungen der Fixsterne, soweit beobachtet, nach den verschiedensten Seiten gerichtet sind, so sind Annäherungen und sogar Zusammenstöße zwischen den einzelnen Sonnensystemen möglich und auch alle daraus folgenden Veränderungen der davon betroffenen Weltkörper.

6. Das oft beobachtete Neuerscheinen von Sternen sowie die plötzliche außerordentliche Vergrößerung der Lichtstärke vorhandener Sterne ist zufolge der spektroskopischen Untersuchung ein Auflodern ferner Weltkörper und Sonnen unter gewaltiger schnell eintretender Licht- und Wärme-Entwicklung, ein Vorgang, der für die betheiligten Körper eine Weltumwälzung vorstellt.

7. Die Bahnen der Planeten, also auch die der Erde,

sind nicht unveränderlich, sondern werden durch die Widerstände im Raum beständig, wenn auch unmerkbar und über alle Begriffe langsam, verkleinert, sodaß allmälig Verkleinerung der mittleren Abstände, also durchschnittlich Annäherung der Planeten an die Sonne, stattfinden muß. Wenn die Widerstände nicht einst ganz aufhören, wird in einer gewissen späten Zeit Vereinigung der Planeten mit der Sonne vor sich gehen. Widerstände der Planetenbewegung werden ohne allen Zweifel von den gegen die Planetenkörper stürzenden Meteor- und Sternschnuppen-Massen, wahrscheinlich auch vom Weltäther ausgeübt.

Hiernach ist die Unveränderlichkeit der Welt ausgeschlossen. Das Weltall ist nicht konservativ, nicht dauernd, sondern verschiedenerlei Umwandlungen, allmäliger wie plötzlicher, unterworfen gewesen und wird es auch fernerhin sein. Wir haben also in den Himmelskörpern, wie in unserer Erde nur Formen der Materie, zeitliche, veränderliche, vergängliche Gestalten der Weltsubstanz zu erblicken.

Nachdem man diese Erkenntniß gewonnen hat, wird die Frage am Platze sein, was wohl der Anfangszustand der Weltmaterie gewesen ist. Hierauf antwortet die heutige Kosmogonie: In einer gewissen, unermeßlich weit zurückliegenden Vorzeit waren die Sonne und die Planeten, die Erde mit allen ihren Bewohnern und Gewächsen, sowie alle unsere Sterne glühender Dampf und glühendes Gas. Es ergiebt sich dieses aus dem zuerst aufgeführten physikalischen Gesetze. Ist die Sonne ein glühender Körper, so kühlt sie sich auch mit der Zeit ab, indem sie ihre Wärme in den Weltraum hinausstrahlt. Verliert aber die Sonne jetzt fortwährend an Wärme, so ist das auch bisher geschehen, mithin ist sie früher heißer gewesen als jetzt, und schließen

wir immer weiter zurück, so kommen wir auf Zustände immer größerer Hitze. Mit jeder Erwärmung ist aber im Allgemeinen Vergrößerung des erwärmten Körpers verbunden, wie umgekehrt Abkühlung (gewisse unbedeutende Ausnahmen abgerechnet) Verkleinerung in der Ausdehnung zur Folge hat. Bei Eisen vergrößert sich die räumliche Ausdehnung um 1/30, wenn dasselbe um 1000 Grade des 100theiligen Thermometers, also etwa bis zur Schmelztemperatur erwärmt wird. Der Dampf über kochendem Wasser nimmt einen 1700mal größeren Raum ein, als Wasser, sodaß ein Kubikmeter (1000 Liter) jenes Dampfes nur 590 Gramm, also etwa 1 1/5 Pfund schwer ist. Je höher Gase und Dämpfe erwärmt sind, desto größer wird ihre Ausdehnung. War die Sonne einstmals viel heißer, als jetzt, so war sie auch ausgedehnter.

Kant in Königsberg hatte in Anlehnung an Wright schon 1755 den Gedanken ausführlich entwickelt, daß die Sonne sammt den Planeten und Monden am Anfang der Zeiten eine einzige große, fein vertheilte, dunstartige Masse gebildet habe. Dieser Denker ließ die Frage nach der Ursache dieser Vertheilung aber vollständig offen; er sagt hierüber in seinem 1755 erschienenen Werk „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels", Seite 352, (Ausgabe 1799) nur Folgendes: „Ich nehme an, daß alle Materien, daraus die Kugeln, die zu unserer Sonnenwelt gehören, alle Planeten und Kometen, bestehen, im Anfange aller Dinge in ihren elementarischen Grundstoff aufgelöset, den ganzen Raum des Weltgebäudes erfüllet haben, darin jetzo diese gebildeten Körper herumlaufen." Es ist darum bei Kant auch ganz unentschieden, ob er sich unter der von ihm angenommenen Urmasse eigentliches Gas, richtigen Dampf, oder nur eine Masse feinsten Staubes ohne Glühhitze gedacht hat. Er behauptet auch, daß die Gluth der Sonne erst viel später

entstanden sei, nämlich erst, nachdem sie als Zentralkörper so ziemlich fertig war. Mit dieser Behauptung wurde er einer der ersten Vorläufer jenes Irrthums, daß die Wärme der Himmelskörper, wie der Erde, durch Verdichtung und Druck entstanden sei. Wir müssen der Frage der Verdichtungswärme, die in vielen Büchern über Weltentwicklung eine große ganz unberechtigte Rolle spielt, hier etwas näher treten.

Um in der Darstellung nicht vorzugreifen, muß die wirkliche Entstehung der Hitze im Weltall späterer Besprechung vorbehalten bleiben. Wir nehmen zunächst die Hitze der Weltkörper als gegeben und vorhanden an, so wie es in richtiger Würdigung der Sachlage schon Laplace 1796 that.

Es herrscht nun in der kosmogonischen Wissenschaft in dieser Frage noch eine auffallende Konfusion. In den verschiedenen Werken, welche sich mit der natürlichen Weltbildung beschäftigen, findet man ganz widersprechende Angaben über Wirkungen und Ursachen der Wärme. Auf der einen Seite des Buches läßt man die Wärme durch Verdichtung entstehen und nach einer anderen Seite verdichteten sich die Stoffe infolge der Abkühlung (z. B. „Werden und Vergehen" von Carus Sterne, „Durch die Sternenwelt" von Ferd. Siegmund, „Populäre Entwicklungsgeschichte der Welt" von Karl Aug. Specht u. s. w.). Nach ein und demselben Verfasser erlangt die Sonne ihre Hitze der Ansicht von Kant entsprechend durch Verdichtung ihrer Masse und gleichzeitig wird gelehrt, daß das Sonnensystem unter Abkühlung und daraus folgender Zusammenziehung aus einer hochglühenden Gasmasse hervorgegangen sei. Das ist geradeso, als ob Jemand wohl zugeben würde, daß das Zuggewicht die Wanduhr bewege, sich aber gleichwohl nicht davon abbringen ließe, daß die Uhr auch vom Perpendikel bewegt werde. Man verwechselt Ursache und Wirkung. Zu Kant's Zeit, wo es

z. B. noch keine Wärmelehre im heutigen Sinne (Wärmetheorie), noch keine Wissenschaft von den Gasen gab, war die Annahme der Wärmeerzeugung durch Verdichtung verzeihlich, heute nicht.

Zunächst ist klar, daß Demjenigen, welcher die Wärme durch Verdichtung fein zertheilter Materie entstehen läßt, immer noch die Frage zu beantworten bleibt, wodurch denn nun die feine Zertheilung und Zerstäubung verursacht worden sei. Nach unserem jetzigen Wissen läßt sich feinste Auflösung und Ausbreitung der Materie im Raum nur durch Erwärmung und Erhitzung hervorbringen. Betrachtet man aber die Wärme als Ursache der Zerstreuung, so bleibt nur übrig, die Ursache und Entstehung der Wärme im Weltall nachzuweisen, was, wie wir später sehen werden, sehr leicht ist.

Die Herren Vertreter jener widerspruchsvollen Lehre benützen gewöhnlich das Beispiel des pneumatischen Feuerzeuges, um die Entstehung der Wärme begreiflich zu machen. Stößt man nämlich in einen Behälter mit gleichlaufenden Wänden einen an die Wände gut anschließenden Körper, sogenannten Kolben, kräftig hinein, so wird die unter dem Kolben befindliche Luft entsprechend zusammengepreßt, verdichtet und dabei entsteht Wärme, sogar so bedeutende, daß ein auf den Boden des Behälters gelegter brennbarer Körper, ein Stück Feuerschwamm z. B., sich entzündet. Jedoch ist die Wärme hier nicht neu entstanden, sondern sie war als Theilchenbewegung (vergl. Seite 47) schon vorher in der Luft. Die Luft ist hauptsächlich ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff, von Gasen, die ihren Gaszustand einer gewissen inneren Bewegung ihrer Theilchen, also einer gewissen Wärme verdanken. Die Bewegung der Sauerstoff- und Stickstofftheilchen ist aber, nachdem sie die Auseinandertreibung und Verdünnung der ganzen Masse (den Gas-

zustand) bewirkt hat, als Wärme für unsere Hand, wie für jeden anderen äußeren Körper, theilweise oder gänzlich nicht mehr wirksam, fühlbar, und daher nennt man sie latente oder gebundene Wärme. Werden aber die Gase durch Druck verdichtet, so kommt derjenige Theil der gebundenen Wärme wieder zum Vorschein, welcher der Verdichtung (Verringerung der Zerstreuung) entspricht; die Wärme wird gleichsam wieder so herausgepreßt, wie das Wasser aus einem Schwamm.

Wenn im Weltall durch Verdichtung von Gasen, wie Helmholtz in seiner vielgenannten Rechnung über die Sonnenwärme annimmt, Wärme entsteht, so wissen wir jetzt, daß die eigentliche Entstehung der Wärme in der Welt hierdurch nicht erklärt ist, denn es bleibt dann immer noch die Frage, wie jene Wärme entstanden ist, welche die ursprüngliche Vergasung der betreffenden Stoffe bewirkte, sodaß dieselben in die Möglichkeit versetzt wurden, sich zu verdichten; denn zu einer Vergasung gehört ja eben schon Wärme.

Helmholtz in Berlin berechnete, daß im Sonnenkörper diejenige Wärme, welche in den Weltraum ausgestrahlt wird und für die Sonne verloren ist, durch entsprechende Verdichtung der Massen noch auf unbestimmte Zeit hinaus immer wieder ersetzt werde. Die Rechnung von Helmholtz (auf die ich später noch einmal zurückkomme) und ähnliche Rechnungen sind nun oft sehr falsch verstanden worden. Es ist jetzt klar, daß es sich bei der Sonnenverdichtung nicht um eine Wärmeerzeugung, sondern im Gegentheil um eine Ausgabe von Wärme, eine Verringerung des gesammten Wärmevorraths der Sonne handelt, um eine Ausgabe ihrer gebundenen Wärme.

Das gewaltige Grundgesetz der Welt, welches ich meinen Gründen für die Annahme einer Entwicklung und Ver-

änderung des Weltalls voranstellte, bleibt nach alledem unerschüttert. Somit können wir dort wieder anknüpfen, wo wir stehen blieben. Ich führte aus, daß aus dieser Thatsache Nr. 1 folge, daß die Weltkörper allesammt früher heißer gewesen sein müssen, als jetzt, und um so mehr, je weiter wir in der Vergangenheit zurückgehen. Wir kommen nun so auf den gasförmigen Zustand. Schon im II. Abschnitt geschah der Thatsache Erwähnung, daß gasförmige, hochglühende Materie im Weltraum wirklich vorhanden ist: in den Gasnebeln.



Abb. 14. Gasspektrum mit schwachem kontinuirlichem Spektrum.

Als Huggins im Jahre 1864 einen hellen Nebelfleck im Sternbilde des Drachen spektroskopisch untersuchte, zeigte sich zu seiner Ueberraschung ein Gasspektrum: drei helle Linien im blauen und grünen Theil. Zum ersten Mal war das Dasein hochglühender gasförmiger Materie im Weltraum erwiesen; denn nach aller physikalischen Erfahrung kann ein Lichtstrahl, der ein Linienspektrum erzeugt, nur von einem leuchtenden, glühenden Gase oder Dampfe ausgehen. Im Laufe der Zeit ist eine größere Anzahl der Nebelflecken spektroskopisch untersucht worden und so fand sich, daß ein nicht unbeträchtlicher Theil der untersuchten Massen aus glühenden Gasen besteht; andere Spektra (wie das in Abbildung 14 dargestellte) ließen Spuren von kontinuirlicher Verbindung zwischen den hellen Linien erkennen; noch andere zeigten das kontinuirliche Spektrum sehr deutlich neben dem Linienspektrum und man kann sagen, daß alle Abstufungen

vom reinen Gasspektrum bis zum Sternspektrum vorhanden sind. Oft giebt der eine Theil eines Nebelflecks ein Gasspektrum, ein anderer dichterer, sternartiger ein mehr oder weniger deutliches Sternspektrum. Ein solcher gemischter Weltenhaufen, bestehend aus gasförmiger zerstreuter Materie, wie aus einzelnen Sternen, scheint der große Nebel in der Andromeda (Abb. 12), von dem schon auf Seite 42 die Rede war, zu sein. Der größte Theil der schwachen und schwächsten Nebelflecken ist bis jetzt noch nicht spektroskopisch untersucht; doch darf angenommen werden, daß sich unter den Tausenden dieser Gebilde auch eine große Menge wirklicher Gasnebel befinden mögen. Denn auch die als Gasnebel sicher erkannten Nebelflecken haben die verschiedensten Gestalten, Größen und Lichtstärken. Es giebt ebensowohl sehr große, wie (scheinbar) verschwindend kleine, runde und längliche, geringelte und spiralige, wie unregelmäßige Gasnebel. Als die größten und hellsten der als reinere Gasnebel erkannten Nebelflecken mögen hier folgende genannt werden, von denen nur Nr. 2 und 3 in unseren Gegenden niemals sichtbar sind. (Die beigesetzten eingeklammerten Zahlen sind die Nummern der Nebel nach dem Herschel'schen Generalkatalog.)

1. der große unregelmäßige Nebel im Sternbilde des Orion (Abbildung Seite 76) (1179);
2. ein großer unregelmäßiger Nebel im Schwertfisch (1269);
3. ein großer unregelmäßiger, mehrfach zerrissener Nebel im Sternbilde des Schiffes (2197);
4. ein runder kleinerer Nebel in der Wasserschlange (2102);
5. ein rundlicher, ziemlich großer Nebel mit sehr heller Mitte im Sternbilde des Raben (2917);

6. ein kleinerer ringförmiger Nebel zwischen Schütze und Schlangenträger (4302);

7. ein höchst unregelmäßiger, mehrfach zerstückter, sehr großer Nebel im Schützen (4361);

8. der sogenannte Omega-Nebel (in Herschel's Fernrohr sah der Nebel dem griechischen Buchstaben Omega etwas ähnlich), ein großer unregelmäßiger Nebel im Schützen (4403);

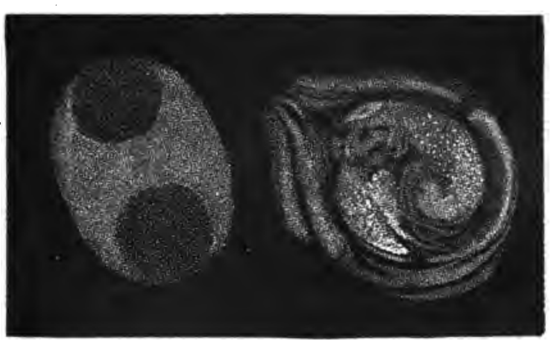


Abb. 15. Gasnebel im Fuchs mit ungleich starken Fernrohren gesehen. (Herschel's „Dumbbell-Nebel".)

9. ein kleinerer runder Nebel mit zwei seitlichen Ausläufern im Wassermann (4628);

10. ein rundlicher, kleinerer Nebel mit heller Mitte im Eridanus (826);

11. ein kreisförmiger kleinerer Nebel nördlich vom Pegasus (4964);

12. ein größerer elliptischer Nebel im Fuchs, der sich in kleineren Fernrohren nach Abbildung 15 links, in sehr großen nach dieser Abbildung rechts darstellt (4532);

13. ein rundlicher Nebel mit wahrscheinlich hellerem Rand, wie ringförmig, im Fuchs (4565);

14. der große Ringnebel in der Leyer (Abb. Seite 68) (4447);

15. ein etwas elliptischer kleinerer Nebel im Drachen (4373);

16. ein spiralförmiger Nebel zwischen dem großen Bären und den Jagdhunden (3474);

17. ein größerer rundlicher Nebel im großen Bären mit spiralförmiger Sonderung (2343).

Schon der ältere Herschel gewann aus der Betrachtung der Nebelgebilde — das spektroskopische Untersuchen war damals noch nicht begründet — die Ueberzeugung, daß viele derselben Urmaterie von Sternen seien, aufgelöste, im Anfang der Entwicklung stehende Welten, nachdem der berühmte Lacaille (geb. 1713) bestritten hatte, daß sich alle Nebelflecken bei genügender Kraft der Fernrohre in Sterne würden auflösen lassen. In der neuesten Zeit hat sich besonders Zöllner (geb. 1834) sehr entschieden dafür ausgesprochen, daß die Gasnebel den Anfangszustand des Weltenstoffes darstellen und heute dürfte Niemand mehr in der Wissenschaft zu finden sein, der die ursprünglich Herschel'sche Ansicht mit Eifer bestreiten möchte. Nun ist aber ein wichtiger Umstand in's Auge zu fassen. Die meisten der untersuchten Gasnebel zeigen im Spektrum nur drei Linien, manche vier, wieder andere nur zwei oder gar nur eine einzige Linie deutlich, wie der große obengenannte „Dumbbell-Nebel" zum Beispiel (Abbildung 15), und es ist durch den Vergleich der Gasspektra mit den Spektren irdischer Stoffe erwiesen, daß Stickstoff und Wasserstoff zu den wesentlichsten Bestandtheilen der Gasnebel gehören. Bringt man Stickstoff oder Wasserstoff zum Glühen, indem man elektrische Funken hindurchschlagen läßt, so zeigt das Spektroskop bei einem gewissen Grade der Hitze und des Druckes, dem man die

Gase aussetzt, Farbenbilder, die den Farbenbildern der Gasnebel mehr oder weniger genau gleich sind. Die fertigen Weltkörper bestehen nun aber nicht nur aus Stickstoff und Wasserstoff, sondern auch aus Eisen, Aluminium, Silizium, Sauerstoff u. s. w., aus Stoffen, die in den Gasnebeln nicht deutlich wahrgenommen werden konnten. Es zeigten sich zwar in den Spektren verschiedener Nebel Andeutungen von dem Vorhandensein noch anderer Stoffe; auch geht aus manchen Beobachtungen hervor, daß die Gasnebel vielleicht noch mehr Linien im Spektrum erzeugen würden, wenn sie nicht gar so außerordentlich lichtschwach wären; doch ist streng genommen durch die Thatsache der Gasnebel zunächst nichts weiter bewiesen, als daß es glühende, ungeheuer große Gasmassen im Weltall giebt. Daß auch solche Gasmassen vorhanden seien, aus denen sich Welten, wie die unsere, oder Sonnenbälle, die aus vielerlei Stoffen zusammengesetzt sind, bilden könnten, geht nicht unmittelbar daraus hervor.

Indessen muß hier wieder darauf hingewiesen werden, daß ein schwaches kontinuirliches Spektrum noch nicht beweist, es befinde sich die beobachtete glühende Masse in festem oder flüssigem Zustande. Auch ein reichhaltiges Gemisch glühender Gase muß ein Spektrum liefern, welches von einem kontinuirlichen, mit Absorptions- (Verschluckungs-) Linien durchsetzten, schwer zu unterscheiden ist, denn die verschiedenen farbigen hellen Linien — man denke, daß glühendes Eisengas allein schon an 600 helle Linien giebt — müssen dann so dicht bei einander liegen, daß fast die ununterbrochene Farbenreihe des kontinuirlichen Spektrums entstehen muß. So mögen vielleicht zahlreiche Nebelflecken, die sich in Sterne nicht auflösen lassen, wirkliche Gashaufen sein, aufgelöste Materie verschiedenster Stoffe in glühendgasigem

Zustande, wenngleich sie kontinuirliche Farbenbilder im Spektroskop geben. Hier ist besonders der große Andromedanebel (Abbild. Seite 42) bemerkenswerth. Dieser Nebelfleck erscheint trotz seines kontinuirlichen Spektrums wie eine Gasmasse. Mit den größten Fernrohren soll eine große Anzahl Sterne in dem Nebel entdeckt worden sein, doch glauben bewährte Astronomen, wie Klein und Newcomb, nicht an die völlige Auflösbarkeit des Nebels.

Es giebt noch eine andere Lösung der Frage. Wenn wir mit der heutigen Wissenschaft von den Atomen, den kleinsten Theilchen, aus denen der Stoff besteht, annehmen, daß alle Elemente[30]) nur verschiedene Formen eines einzigen gleichartigen Urstoffes sind, verschieden nur nach Lagerung der Atome, so wird eine völlig aufgelöste Materie, bei welcher die einzelnen Unterschiede aufgehoben sind, in ihrer inneren Beschaffenheit dem einen Element ähnlicher sein, als dem anderen. So können wir annehmen, Stickstoff und Wasserstoff seien Stoffarten, die der Urform aller Materie in der Aehnlichkeit ihrer Eigenschaften am nächsten kommen. Carus Sterne spricht auch die Vermuthung aus („Werden und Vergehen"), daß die Stoffe der Gasmassen die Urstoffe seien, aus denen sich die übrigen Stoffe später abscheiden.

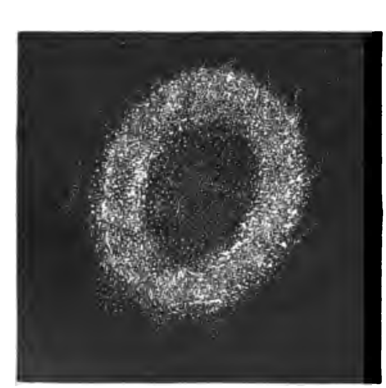


Abb. 16. Der große Ringnebel in der Leyer.

Die Größen der Nebelmassen sind so ungewiß, wie ihr Abstand von uns. Die durchschnittliche Entfernung derjenigen Nebelflecken, welche mit den kräftigsten Fernrohren der

Jetztzeit als Sternmassen erkannt werden konnten, darf man mit einigem Rechte gleich den Sternen 15ter bis 16ter Größe zu 8- bis 15,000 Lichtjahren annehmen. Würde nun z. B. unser Nebel Nr. 14 (Abbildung 16) in der Entfernung von 10,000 Lichtjahren, also noch in den Grenzen unserer Fixsternwelt stehen, so würde die Länge der Ringellipse dieses Nebels etwa 3⁶/₁₀ Lichtjahre messen; das ist eine Länge, in welcher der ganze Durchmesser der Bahn des Neptun über 3800mal, der Durchmesser unserer Sonne aber 25millionenmal untergebracht werden kann; d. h. der Durchmesser der Sonne würde sich zur Länge des Nebels verhalten, wie 1 Millimeter zu 25,000 Metern. Eine viel größere Ausdehnung würde der große mehrerwähnte Andromeda-Nebel haben, selbst wenn er nicht weiter von uns abstände, als ebenfalls 10,000 Lichtjahre. Die Längenausdehnung dieses Nebels wäre dann über 400 Lichtjahre.

Wenn viele der Nebelflecken wirklich, wie angenommen wird, Millionen Lichtjahre von uns abstehen, so würden wir solchen Massen Ausdehnungen zusprechen müssen, die nur mit der Größe unseres Milchstraßen-Gürtels verglichen werden können. Die Astronomie weiß jedoch über die wirklichen Ausdehnungen und Größen der Gasmassen ebenso, wie überhaupt über die der Nebelflecken noch nichts, weil die Abstände dieser Massen von uns noch gänzlich unbekannt sind. Wir können auch hierüber nur Vermuthungen hegen und annehmen, daß viele derselben solche und vielleicht noch größere Ausdehnungen besitzen mögen, als unsere Milchstraßenwelt.

Soviel ist indessen sicher: In den Nebelflecken sind meist so riesige Massen Weltstoff beieinander, daß sich ganze Heerden von Sonnen mit ihrem Gefolge von Planeten, Monden und Kometen daraus entwickeln können.

IV. Abschnitt.

Entstehung der Fixsternwelten.

Betrachten wir in klarer Herbstnacht aufmerksam den Sternengürtel der Milchstraße, so drängt sich uns die Vermuthung auf, daß diese wolkenartigen Anhäufungen ungezählter Massen von Sternen in irgend einer Weise früher zusammenhingen. Diese Vermuthung wird nur unterstützt, wenn man nicht aus den Augen läßt, was wir im vorigen Kapitel erfahren haben.

Freilich übersteigt die Ausdehnung unserer heimathlichen Fixsternwelt alle unsere Begriffe und die Annahme, daß dieser erstaunlich große Kranz von Weltenhaufen ehemals eine einzige Gasmasse gewesen sei, erscheint sehr gewagt. Indessen bei näherem Zusehen ist aber auch kein triftiger Grund aufzufinden, der dagegen spricht. Wenn wir uns die Stoffmasse unseres ganzen Fixsternsystems in gehöriger Verdünnung denken, so kommen wir zur Vorstellung einer sehr ausgedehnten Gaswelt, wie zweifellos viele jener Stoffmassen sind, die als Nebelflecken aus weiten Fernen zu uns matt hernieder schimmern.

Es sind nun verschiedene besondere Anzeichen dafür zu nennen, daß unsere Fixsterne gemeinsamen Ursprung haben. Da ist zunächst die Gruppirung der Sterne überhaupt. Sind auch viele der Sterngruppen, wie sie uns in den Sternbildern entgegen treten, gewiß nur zufällige, d. h. solche, die auf keinen engeren gemeinsamen Ursprung hindeuten, ja mögen auch manche Gruppen gar nur scheinbar sein,

(wenn die Sterne nicht beieinander, sondern in unserer Sehrichtung weit voneinander weg, also mehr hintereinander, in ganz verschiedenen Entfernungen stehen), so kann doch bei vielen Sterngruppen die Gemeinsamkeit des Ursprungs gar nicht bezweifelt werden. In erster Reihe sind hier wieder die Sternhaufen zu erwähnen, sodann Gruppirungen wie die Plejaden (Abbildung Seite 35), die Hyaden im Stier, das Haar der Berenice und andere. Auch deutet die linienweise Stellung vieler Sterngruppen darauf hin, daß sie einst, gleichsam wie in einem Wurf, verstreut worden seien, daß sie einzelnen dahin geflossenen Gasströmen ihr Dasein und ihre gegenseitige Stellung verdanken mögen. Man betrachte sich z. B. das Ringstück in der nördlichen Krone, oder den Sternenbogen im Perseus, oder das Wehrgehänge im Orion, oder die langen Linien des Drachen und noch viele andere Sternketten, die mit bloßem Auge sichtbar sind. Die Bewegungen der einzelnen Sterne solcher Ketten würden freilich erst zu bestätigen haben, ob ihre Stellung nur eine zufällige unserer Gegenwart, oder ob sie wirklich in einem gemeinsamen Ursprung begründet ist. Zahllose auffällige Gruppirungen finden sich auch in den Regionen der Sterne, die nur mit dem Fernrohr zu erkennen sind.

Die Gemeinsamkeit der Herkunft benachbarter Sterne zeigt sich ferner in der Aehnlichkeit der Farbenbilder, die solche Sterne vielfach im Spektroskop geben. Solche Aehnlichkeit weist entweder auf ein gleiches Stadium der Entwicklung und darum in gewissem Maaße auf gleichzeitigen Ursprung, oder auf gleichartige Zusammensetzung hin, die sozusagen Blutsverwandtschaft und darum ehemalige Verbundenheit anzeigt. Die Spektra der Sterne sind nämlich nicht gleich. Secchi in Rom, welcher gegen 4000 Sterne

mit dem Spektroskop prüfte, unterschied vier Hauptklassen von Fixsternen, von denen die drei ersten schon ihrer dem Auge wahrnehmbaren Lichtfarbe nach sich verschieden darstellen: 1. weiße und blaue, 2. gelbe Sterne (zu welchen Secchi unsere Sonne zählte), 3. rothe Sterne und 4. veränderliche, von welchen letzteren die Mehrzahl (8 bis 9 von 10) ebenfalls rothes Licht ausstrahlen. Die Farbenbilder der Sterne der ersten Art sind sehr hell, zumal im blauen und violetten Theil, und ihre Absorptions-Linien, mit Ausnahme derer des Wasserstoffes, sind weniger deutlich, als bei den Farbenbildern der gelblichen und gelben Sterne. Die Spektra der dritten Art leuchten nach der blauen und violetten Seite hin noch schwächer, als die der zweiten Sternklasse und sind dabei durch breite sehr auffällige Gruppen dunkeler Linien ausgezeichnet, während die vierte Art sich von der dritten hauptsächlich durch die bedeutende Veränderlichkeit ihrer Lichtstärke, weniger durch Aussehen des Spektrums unterscheidet. Auf diese Veränderlichkeit der Sterne, wie überhaupt auf diese Sternverschiedenheiten kommen wir später zurück.

Auf gemeinsamen Ursprung läßt auch eine gewisse Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung schließen, die bei manchen benachbarten Sternen festgestellt worden ist. Eine solche Uebereinstimmung würde nicht so sehr auffallen, wenn sich die Sterne sonst nicht so kreuz und quer, sondern mehr geordnet bewegten. In sehr merkwürdiger Weise verfolgen z. B. fünf der sieben großen Sterne des großen Bären die gleiche Richtung und zwar ziehen vier davon, wie im Gänsemarsch, hintereinander her, während die beiden übrigen entgegengesetzt laufen.

So haben wir die verschiedensten guten Gründe dafür, daß alle die funkelnden Sterne des Himmels einschließlich

unserer Sonne mit ihrer Gefolgschaft in gewisser, weit, weit zurückliegender Zeit eine mehr oder weniger zusammenhängende glühende Gas- und Dunstmasse bildeten. Ich möchte fast sagen: die Wahrscheinlichkeit, daß die Sternenwolken der Milchstraße ehemals Gaswolken, der ganze Kranz — vielleicht in ganz anderer Verschlingung und Gruppirung als heute — ein Kranz von Gasmassen gewesen sei, ist ebenso groß, als die Gewißheit, daß die aus der Höhe herabfallenden Regentropfen vorher das Material von Wasserdampfwolken gebildet haben.

Es war besonders Mädler (geb. 1794), einer unserer geistvollsten Astronomen, der es aussprach, daß es eine Vorzeit gegeben habe, in welcher nichts als unbegrenzte Nebelmassen vorhanden waren.

Alle den bisher angeführten Thatsachen und ihrer Uebereinstimmung müssen wir große Bedeutung zusprechen und so nehmen wir an, daß ehemals an Stelle unserer Milchstraße ein kolossaler Wolkengürtel, ein Ring von Haufen glühenden Gases existirte. Innerhalb dieses Gürtels befanden sich dann ebenfalls Gasmassen (das Material der mit bloßem Auge sichtbaren Sterne, wie unseres Sonnensystems), die aber wahrscheinlich nicht so dicht waren, als die in den Regionen des Kranzes selbst, geradeso, wie die Astronomen bei dem Ringnebel in der Leyer (Abbildung Seite 68) innerhalb des Ringes dünnere Nebelmaterie wahrnehmen. Denken wir uns alle Materie der Fixsterne als Gas, und so weit ausgedehnt, daß sich die Gasmassen der einzelnen Sterne berühren und ineinander überfließen, so ergiebt sich für diese Massen eine Verdünnung und Feinheit, für welche unsere irdischen Gase und Dämpfe keine Beispiele bieten. Erkennen wir schon bei unseren gewöhnlichen Gasen, z. B. beim Wasserdampf, fast

keinen eigentlichen Zusammenhang, wie viel weniger kann davon die Rede sein bei Gasen, die vieltausendtrillionenmal leichter sind, als unsere Luft. Es giebt nun eine Kraft oder Eigenschaft des Stoffes, die aller Verdünnung und Verflüchtigung gewöhnlich eine Grenze setzt, welche die Atome auch nach der höchsten Erhitzung und dadurch bewirkten größten Zerstäubung wieder zueinander bringt, die in alle Fernen und zu allen Zeiten wirkt: Diese Kraft ist die Schwere der Materie (Attraktion, Gravitation), die fünfte unserer großen Eigenschaften derselben, eine Eigenschaft, die seit Newton allgemein als Anziehung, als zwischen Stoff und Stoff, Atom und Atom bestehende ziehende[31]), auf Vereinigung und Zusammentreffen hinwirkende Kraft bezeichnet wird.

Daß die Schwere, die den kleinen Regentropfen zur Erde zieht, auch zwischen den weit voneinander entfernten Weltkörpern wirksam sei, ist zwar schon im Alterthum von einigen Denkern vermuthet worden, auch treffen wir anderthalb Jahrtausende später bei den berühmten Deutschen Koppernikus und Kepler auf die Meinung, daß die Schwere nicht nur zwischen der Erde und den irdischen Gegenständen bestehe, sondern überhaupt und überall zwischen Allem, was Stoff heißt; andererseits ahnten und berechneten der Niederländer Huygens (geb. 1629), der Italiener Borelli, der Franzose Boulliau (geb. 1605), die Engländer Wren und Hooke, daß die Planeten und der Mond von einer Kraft festgehalten und während ihres Umlaufes am Davonfliegen gehindert werden, die im Mittelpunkt der Sonne, bezw. der Erde ihren Sitz habe und in größerer Entfernung viel schwächer sei, als in kleinerer Entfernung — nämlich bei doppelter Entfernung ¼, bei dreifacher Entfernung nur noch 1/9 so stark, als bei einfacher — allein erst Newton verknüpfte alle diese Vermuthungen und Be-

rechnungen. Er wies 1686 (also vor genau 200 Jahren) die Allgemeinheit der Schwere und deren Gesetz nach, welches besagt, daß zwischen allen Körpern der Welt eine Neigung bestehe, gegeneinander zu stürzen, die umso heftiger sei, je größer die betheiligten Körpermassen sind und die außerdem im Quadrat[32]) der Annäherung der Körper zueinander wachse.

Die Schwere oder Gravitation wirkt stets der Verflüchtigung entgegen, ist die Ursache aller Verdichtung, aller Ansammlung und Vereinigung, und so sehen wir z. B. an unseren atmosphärischen Wolken am Himmel, die bekanntlich nichts als hochschwebende Nebel sind, Häufungen und Zusammenballungen; die sogenannten Lämmerwölkchen zeigen diese Erscheinung sehr auffallend. In dem Maaße nun, wie sich eine Gasmasse abkühlt, vermindert sich auch das Widerstreben der Atome gegen die Schwerkraft, welche beständig die Massen verdichten und auf einen kleineren Raum zurückbringen will, denn die Wärme ist es, was die Theilchen an der Annäherung und Vereinigung hindert. Ist nun eine Gasmasse außerordentlich groß und von geringstem Zusammenhang, so ist die Anziehung zwischen sehr weit voneinander abstehenden Atomen nach dem Gravitationsgesetz verschwindend klein und darum giebt es bei einer so großen Gasmasse, wie die angenommene, ohne Zweifel gar keine allgemeine Zusammenziehung und Häufung, sondern es erfolgt Zertheilung der ganzen Masse, Zerreißung in viele kleinere Stücke. Eine so unfaßbar große und dünne Gasmasse, wie unser Fixsternsystem — aufgelöst gedacht — ergiebt, konnte sich zunächst gar nicht anders entwickeln, als sie mußte in eine große Menge einzelner kleinerer Gasmassen zerfallen, so etwa wie eine große Wolkenmasse zerreißt und in viele kleine Wölkchen zerfällt. Es sonderte

sich so das Material für die unzähligen Sonnen, die wir als Fixsterne am Himmel erblicken.

In einer großen Anzahl von Gasnebeln zeigt sich deutlich eine solche Zerreißung und Zerstückelung. Man betrachte sich den hellsten Theil des großen Orion-Nebels (Abb. 17)



Abb. 17. Hellster Theil des Orion-Nebels nach Trouvelot.

oder den Nebel im Wassermann (Abb. 18). Da giebt es Zerreißungen, gesprenkelte, flockige Stellen und dergl. Auch die mehrfachen Nebel dürfen wir für zerrissene, einstmals verbunden gewesene Nebelmassen halten. Oft erscheinen die Nebel in größeren Mengen beieinander, wie in den sogenannten Magelhaens'schen Wolken am südlichen Himmel. Man hat auch Sternhaufen gefunden, die ein Gasspektrum geben, also wahrscheinlich im Zerfall und in tausendfacher Zerreißung begriffene große Gasmassen sind.

Viele Nebel lassen erst bei sehr starker Vergrößerung mittelst sehr weiter Fernrohre Verschiedenheiten des Glanzes, zahlreiche Verdichtungsstellen erkennen, wie z. B. der schon mehrfach erwähnte große Ringnebel in der Leyer (Abbild. Seite 68), der in kleineren Fernrohren von ziemlich gleichmäßiger Helligkeit erscheint, aber von Bond, Rosse und Chacornac in den größten Rohren unserer Zeit als aus einer ungeheueren Menge von Lichtpunkten bestehend erkannt worden ist, die der spektroskopischen Untersuchung zufolge ebensoviel glühende verdichtete Gasmassen sind.

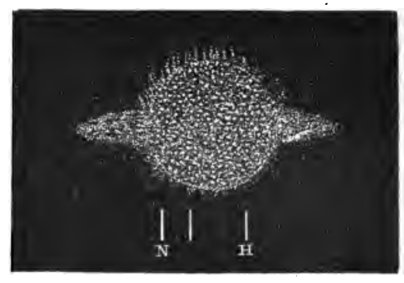


Abb. 18. Nebel im Wassermann nebst Spektrum.

Welche Zeiten verstreichen müssen, damit eine Gaswelt, wie die der Milchstraße, in eine Unzahl einzelner Gasmassen zerfallen kann, das ist nicht anzugeben. Für die Berechnung über die Dauer der Abkühlung und Verdichtung glühender großer Dampfmassen in der dünnen Aether-Atmosphäre des Weltraumes sind so gut wie gar keine Anhalte vorhanden. Nur das wissen wir, daß diese Zeitlängen Alles übersteigen müssen, was sonst unseren Begriffen von Werden und Entwickeln entspricht. Für unser kurzes Dasein, ja selbst für das Dasein der Menschheit überhaupt, sind die Nebelhaufen unveränderlich. Einzelne Astronomen wollen zwar Veränderungen in manchen Nebeln erkannt haben, doch ist anzunehmen, daß diese vermeintlichen Aenderungen nur Täuschungen der Beobachtung sind.[33])

Unsere Fixsternmassen erreichten bis jetzt vielfach verschiedene Stufen der Ausbildung. Es giebt z. B. in der Milchstraße

Stellen, welche Spuren von gasigem Zustande erkennen lassen, sodaß man annehmen könnte, es seien dies Theile, die in der Entwicklung noch zurück sind, also Reste der einstigen allgemeinen Gasmasse. Eine Erklärung dafür erhält man, wenn man annimmt, daß die Weltmaterie schon vor allem Anfang nicht gleichmäßig im Raum vertheilt gewesen sei. Die Sache ist aber ungewiß; es kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob diese gasigen Stellen zur Milchstraße selbst gehören, oder vielleicht weit hinter dieser im Weltraum stehende gesonderte Massen seien. Sicherer scheint, daß die sogenannten Nebelsterne und Sternnebel, wenigstens viele davon, solche Gestirne sind, die sich noch nicht vollständig zu eigentlichen Fixsternen verdichtet und entwickelt haben.

Wilhelm Herschel fand überhaupt, daß am Himmel alle möglichen Gestalten und Uebergänge von den verschwommenen gleichmäßig leuchtenden Nebelmassen bis zu den flockigen, getheilten Nebeln, von diesen bis zu denen mit Verdichtungskernen und bis zu den Sternen, die in einem Nebel eingehüllt erscheinen, andererseits bis zu den ausgebildeten Sternhaufen vorhanden sind, und er kam durch die bloße Betrachtung zu der festen Ueberzeugung, daß alle Weltmaterie eine Entwicklung von der Gasform bis zur größten Verdichtung und Zusammenziehung durchlaufe.

Wir werden später finden, daß die Theile der großen Gasmasse, aus denen Fixsterne entstehen, also die Theilmassen, sich in ganz anderer Art und Weise zertheilen und sondern, als vorher die großen umfassenden Gesammtgase. Wie schon erwähnt, muß jede weitausgedehnte Dampfmasse, deren Ausdehnung über das Maaß merkbarer Anziehung zwischen ihren entferntesten Bestandtheilen hinausgeht, bei der Verdichtung in viele kleine Stücke zerfallen, und zwar setzt sich diese Theilung nothwendig so lange fort, bis die

Stücke eine solche Kleinheit besitzen, daß sie eben wegen dieser Kleinheit keine Ursache mehr haben, sich weiter zu zertheilen. Das heißt also: Vom Gesetz der Anziehung und von der Strecke, bis zu welcher die Stoffe aufeinander hinreichend kräftig wirken können, hängt die Größe der entstehenden Theilmassen ab. Es entstanden daher eine große Anzahl Sterne, statt eines einzigen vereinigten Weltklumpens.

Es läßt sich hieraus vielleicht auch die Unmöglichkeit einer überwiegend mächtigen, alle Fixsterne riesenhaft in Ausdehnung übertreffenden Zentralsonne folgern, die von manchen Denkern und Astronomen, wie Kant, Lambert, Mädler und Anderen für möglich gehalten wurde. Man nahm an, daß, ähnlich wie im Sonnensystem ein großer Zentralkörper existirt, dessen Anziehung die Bewegungen der umlaufenden Planeten regelt, daß auch in unserem Milchstraßensystem ein überwiegend mächtiger regierender Weltkörper, eine Zentralsonne da sein müsse, obwohl für diese Annahme eigentlich weiter keine wissenschaftlichen Gründe aufgefunden werden konnten. So betrachtete Kant den Sirius, den hellsten Fixstern unseres Himmels, als die Zentralsonne der Fixsternwelt; Lambert hielt es für nicht unmöglich, daß der Orion-Nebel nur die schwach beleuchteten Stellen eines riesenhaft großen dunkeln Zentralkörpers seien, und Mädler glaubte in den Sternen der Plejaden (Abbildung Seite 35), wenn auch nicht überwiegende ungeheuere Körper, so doch die Sterne gefunden zu haben, welche im Schwerpunkt[34]) des Fixsternsystems schweben. Es giebt nun zweifellos auch für unser Milchstraßensystem einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt; weil wir aber fast noch gar nichts Bestimmtes über Gestalt und Größe der Milchstraße und die Massenvertheilung der Sterne im ganzen System wissen, so läßt sich

auch die Lage des Schwerpunktes nicht bestimmen. Auch ist nicht nothwendig, daß sich in diesem Schwerpunkt irgend welche Sterne befinden oder schon dauernd eingefunden haben. Gegenwärtig sind die Astronomen auf Grund ihrer Beobachtungen ziemlich fest überzeugt, daß eine oder mehrere riesenhafte Zentralmassen, Zentralsonnen, in unserem Fixsternsystem nicht da sind.

Was geschah nun weiter mit den einzelnen Stücken der Gasmaterie?

Wäre die ursprüngliche Gasmasse vollständig unbeweglich gewesen, so würden sich jetzt die Theilmassen einfach mit zunehmender Abkühlung verdichtet und zu einer Anzahl dichter kugelförmiger Körper zusammengezogen haben. Gleichzeitig hätte allmälige Annäherung aller dieser Körper infolge der allgemeinen Anziehung und schließlich Vereinigung derselben im gemeinschaftlichen Schwerpunkt stattgefunden. Aber die Masse war nicht unbeweglich; vielmehr mußte innerhalb derselben ein Durcheinanderwogen der Gaswellen, ein Strömen und Fließen vor sich gehen, wie es noch heute in den Bewegungen der Fixsterne erkennbar ist. So weit die Sterne bisher nach Richtung und Größe ihrer Bewegung geprüft worden sind (die Messungen erstrecken sich allerdings nur bis zu den Sternen 6ter Größe), hat sich ergeben, daß die Bewegungen nach allen möglichen Richtungen erfolgen, daß unsere Fixsternwelt ein wirres Durcheinander vorstellt, wo also keine friedliche Ordnung der Bewegungen und keine allgemeine Uebereinstimmung zu finden ist, nicht wie bei unserem Sonnensystem, welches im Gegentheil eine auffallende Harmonie und die denkbar höchste Ordnung in seinen inneren Bewegungen aufweist.

Man hat sich unendlich Mühe gegeben, die ursprünglichste Entstehung der Bewegungen der Stoffmassen im Weltall

wissenschaftlich nachzuweisen. Leute ohne genügende Kenntnisse in der Mechanik behaupten steif und fest, daß alle Bewegung von der Gravitation veranlaßt worden sei. Besonders war es die Rotation der Massen, die Umdrehung um eine eigene Axe, was die Denker immer und immer wieder reizte, die Entstehung der „ersten Bewegung“ zu ergründen. Carus Sterne theilt in seinem Werk „Werden und Vergehen“ einen neueren Versuch des Astronomen Jakob Ennis mit, die Entstehung der Rotation ohne Zuhilfenahme einer ewigen Urbewegung aus dem seitlichen Zusammentreffen zweier Stoffmassen zu erklären, und von Dr. Heinrich Gretschel (Lexikon der Astronomie, Leipzig 1882, Seite 289) wird es Kant noch heute fast zum Verdienst angerechnet, daß er (im Gegensatz zu Laplace) den Versuch macht, die Verwandlung des Zustandes der vollkommenen Ruhe in einer Stoffmasse in den der Umdrehung klar zu legen, obwohl die einschlägige Wissenschaft schon längst weiß, daß Laplace im großen Rechte war, als er einen derartigen Versuch unterließ. Wir kommen gleich nachher auf die Entstehung der Rotation zurück.

Schon der unübertreffliche Newton wußte oder wenigstens ahnte es, daß der Bewegung der Stoffmassen im Weltall etwas mehr zu Grunde liegen müsse, als nur die Anziehung; darum gab es für ihn keinen anderen Rath, als kurzer Hand anzunehmen, daß Gott der Herr am Anfang aller Zeit jeder einzelnen Weltmasse sozusagen einen „Schubs“ gegeben habe. Auch Dubois-Raimond führt die Bewegung auf Gott zurück, indem er meint, daß der eigentliche Anfangszustand der Massen der der vollkommenen Ruhe gewesen sein müsse.

Ich gestehe, daß mir eine anfängliche vollkommene Ruhe aller Stoffmassen stets genau so wunderbar vorgekommen

ist, als die ewige anfanglose Bewegung. Wenn gefragt wird: wer gab den ersten Anstoß? so darf mit ganz demselben Rechte zurückgefragt werden: wer hielt im Anfang die Massen alle fest? Ein Festhalten der Stoffmassen oder das Kommando: „stillgestanden!" scheint mir für die Herstellung völliger Bewegungslosigkeit geradeso nothwendig, als der Stoß für die Bewegung. Aber einen von beiden Zuständen müssen wir doch als Anfangszustand annehmen.[35])

Wir müssen darum sagen: Es existirt von jeher ohne Anfang eine gegenseitige Abstandsveränderung, ein bedeutungsloses, ursachloses Bewegtsein aller Stoffe im Weltall, wovon alle vorhandenen sichtbaren Bewegungen der Körper nur Formen sind. Alle Kräfte, z. B. die Gravitation, bringen nur Veränderungen der Urbewegung zu Stande und die Bewegung an sich ist ohne Veranlassung. Was aber die Erklärung dieses Urzustandes der Bewegung, des Bewegtseins von Ewigkeit her betrifft, so muß ausgesprochen werden, daß dieser Urzustand nicht mehr räthselhaft ist, als ein anfänglicher, allgemeiner Ruhezustand. Da aber doch nothwendig einer von beiden Zuständen der unanfänglichste Urzustand gewesen sein muß, so betrachten wir denjenigen als diesen unanfänglichsten, den wir wissenschaftlich als solchen erkennen und das ist der der Bewegung. Ja bei einigem Nachdenken kommt man sogar zu der Erkenntniß, daß gerade ein allgemeiner Ruhezustand der einzelnen Massen gar nichts Ursprüngliches darstellt, denn das genaue Beibehalten des Abstandes einer Masse von einer andern ist ja schon eine Beziehung, eine Stellungnahme jener Masse zu dieser. Wir können uns darum auch philosophisch gar nichts Ursprünglicheres denken, als Stoffmassen im Weltraum, die ihre gegenseitigen Abstände und Stellungen verändern.

Es waren besonders französische Denker, nämlich Daniel Bernoulli, d'Arcy, d'Alembert (der Mitarbeiter an der Encyclopädie), Lagrange und Laplace, außerdem auch der berühmte Huygens, der Schweizer Euler, sowie Newton, deren Arbeiten es gelehrt haben, daß eine Rundbewegung nicht zu Stande kommen kann, wenn nur allein die Anziehung bewegend wirkt. Und obwohl so die Lehre, daß jede Anziehung im Schwerpunkt des angezogenen Körpers angreift und keine Drehung des Ganzen erzeugen kann, bei allen Unterrichteten längst feststeht, trifft man bei Verfassern von kosmogonischen Werken doch immer wieder auf die Meinung, daß sich eine Gasmasse in Rotation versetzen könne, wenn eine „seitliche Anziehung" wirksam ist. So steht es z. B. auch in Littrow's „Wunder des Himmels", Berlin, 6. Aufl., Seite 906.

Für eine Anzahl Körper oder Massentheile, die anfänglich gegeneinander bewegungslos, doch nicht festgehalten sind, sich aber gegenseitig anziehen, ist das Schlußergebniß kein anderes, als eine Vereinigung, ein Zusammensturz aller Körper zu einem Haufen, der dann gerade so ruhig liegt, als vorher die einzelnen Körper; und wenn sich auch die Häufung infolge des Zusammenstoßes erwärmen und wieder ausdehnen mag, so ist damit jedoch wiederum gar keine Drehung verbunden.

Wäre also die gesammte Weltmaterie jemals absolut unbeweglich gewesen und gab es auch keinerlei übernatürliche stoßende oder schiebende Einwirkung, so könnte nach unserer jetzigen Kenntniß von den Wirkungen der Naturkräfte, besonders von denen der Schwere (die ja hier vor Allem in Betracht kommt), alle Weltveränderung nur in einem eintönigen Spiel von Zusammensturz und Wiederzerstäubung, ohne alle Drehungsbewegungen, bestehen. Die Anziehung allein bringt keine Rotation und keinen Umlauf zu Stande.

In den Bewegungen der Fixsterne haben wir nun den thatsächlichen Beweis, daß eine Bewegung, unabhängig von den Wirkungen der Anziehung, von jeher vorhanden war. Interessant für die Frage nach der Urbewegung sind ein Stern 7ter Größe in den Jagdhunden (Nr. 1830 des Katalogs von Groombridge), sowie noch einige andere Sterne, welche mit einer ungeheuren Geschwindigkeit den Weltraum durcheilen. Die Geschwindigkeit des Sterns in den Jagdhunden beträgt ungefähr 40 Meilen (pro Sekunde). Der Astronom Newcomb berechnete, daß unsere ganze Fixsternmasse eine solche Anziehung nicht ausüben könne, welche nothwendig wäre, um ursprünglich außerhalb stehende Sterne in unsere Welt hereinzuziehen und sie dabei in so große Geschwindigkeiten zu versetzen.

Müssen wir darum annehmen, daß die allgemeine Urmasse vor aller Entwicklung innerhalb nicht starr und unbeweglich, sondern gleich Rauch und Dampf in wallenden und durcheinanderwogenden Bewegungen begriffen war, so folgt daraus, daß auch innerhalb der entstandenen Theilmassen noch viele widerstreitende und entgegengesetzt gerichtete Bewegungen bestehen mußten. Jeder Gashaufen aber, dessen einzelne Theile sich nach den verschiedensten Richtungen bewegen und der nicht etwa in Folge dieser verschiedenen Bewegungen bei seinem geringen Zusammenhange noch weiter zerreißt, nimmt eine Umdrehung um sich selbst an, so wie etwa zwei Schlittschuhfahrer, die sich bei entgegengesetzter Fahrt beim Begegnen mit den Händen erfassen, sich umeinander schwingen müssen. Alle Bewegungen innerhalb einer solchen Masse wirken schließlich nach zwei entgegengesetzten Hauptrichtungen und die ganze Masse dreht sich dann nach derjenigen Richtung, nach welcher die meisten oder die heftigsten Strömungen vor sich gingen.

So und nicht anders wird die Rotation der Gasmassen entstanden sein, aus denen später Sonnensysteme, wie das unsere eins ist, sich entwickeln sollten. Wenn man sich ein schönes Beispiel dafür verschaffen will, wie aus den verschiedensten Bewegungen einer lose zusammenhängenden Masse eine Umdrehung des Ganzen hervorgeht, so schütte man 3 oder 4 Löffel Sägespähne in eine große Schüssel voll Wasser, rühre das Wasser sammt dem Inhalt recht durcheinander und beobachte dann die Bewegungen der Wassermassen, die an denen der schwimmenden Körperchen zu erkennen sind. Man mag rühren, in welcher Weise man will — es entsteht jedesmal am Ende eine einheitliche Rotation des Ganzen.

Sobald wir annehmen, daß die Bewegtheit der Bestandtheile eine allgemeine, durch die ganze einstige Urmasse verbreitete gewesen ist, so kommen wir zu dem Schlusse, daß keins der Stücke, in welche die Masse zerfiel, gänzlich ohne Rotation blieb, wenn schon die größten Unterschiede obwalten mußten.

Bevor wir betrachten, wie sich das große Uhrwerk eines Sonnen- und Planetensystems bildet, müssen wir einer Weltform gedenken, die ziemlich häufig unter den Sternen aufgefunden wurde: der Doppelsterne, sowie der mehrfachen Sterne, mit welchen Namen man Sterne bezeichnet, die dem bloßen Auge oder bei Anwendung schwächerer Fernrohre einfach, bei gehöriger Vergrößerung aber als aus zwei oder mehr nahe beieinander stehenden Sternen gebildet erscheinen. Obwohl es viele Sternenpaare geben muß, die gar nicht zusammen gehören, und nur scheinbar nahe beisammen, in Wirklichkeit (von uns aus gesehen) hintereinander in großer gegenseitiger Entfernung stehen, so ist doch bei einer beträcht-

lichen Anzahl, nämlich bei etwa 600 Doppelsternen, die Zusammengehörigkeit mit Sicherheit festgestellt worden. Bei Tausenden von Doppelsternen ist die Zusammengehörigkeit wahrscheinlich und es wird vermuthet, daß mindestens ein Sechstel aller Sterne Doppelsterne sind. Solche Sternenpaare drehen sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, sowie zwei Bälle, die durch eine Schnur verbunden sind, sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt schwingen, sobald man sie hoch in die Luft wirft. Die Bahnen der Doppelsterne sind Ellipsen und sie beweisen klar und deutlich, wie berechtigt die Annahme der Denker war, daß auch in den fernen Räumen der Fixsterne die Anziehung, die Schwere bestehe und nach denselben großen einfachen Gesetzen wirke, wie hier bei uns. Wir wollen uns nun die Frage beantworten, wie solche Doppelstern-Systeme entstanden sein mögen.

Bei jeder Umdrehung, jeder Rundbewegung von Massen entsteht ein Bestreben derselben, sich von dem Mittelpunkt der Drehung zu entfernen, in gerader Linie davonzufliegen, die sogenannte Zentrifugalkraft[36]). Wenn nun zufällig in den entgegengesetzten Hälften einer Gasmasse etwas schärfer ausgeprägt entgegengesetzte Bewegungen bestanden oder sich solche in jenen Gebieten in höherem Grade herausbildeten (infolge stärkerer Gegensätzlichkeit in den ursprünglichen Strömungen), so mußte hieraus eine Rotation der ganzen Masse von größerer Lebhaftigkeit hervorgehen, als in anderen Massen, wo sich die Bewegungen mehr zersplitterten. Mit der lebhafteren Drehung war dann auch eine stärkere Zentrifugalkraft verbunden und diese verhinderte bei eintretender Abkühlung und Verdichtung des Ganzen nothwendig die Annäherung jener lebhafter umlaufenden Gebiete, größere Massentheile erhielten sich außerhalb des

gemeinschaftlichen Schwerpunktes; die Folge war dann eine Theilung, ein Zerreißen der Gasmasse in zwei (oder mehr) Theile, von denen jeder seinen Verdichtungskern bekam, die aber zusammen ein System miteinander umlaufender Sonnenmassen blieben.

Die Bildung von Doppelsonnen war demnach mehr ein Werk des Zufalls, oder sagen wir: mehr ein Ausnahmefall, als eine regelgemäße Nothwendigkeit, insofern, als jene ausgeprägteren Gegensätze in den ursprünglichen Strömungen sich in gewissem Sinne nur zufällig, beziehentlich ausnahmsweise, zusammenfinden konnten. Freilich beweist die große Zahl der Doppelsterne und der mehrfachen Gestirne, daß dieser Ausnahmefall recht häufig vorgekommen ist.

Von allen Doppelsternen sind (nach Newcomb) bis jetzt nur bei dreien die Entfernungen zwischen beiden Gliedern des Systems bekannt. Es ist die Entfernung zwischen den beiden Sternen des Hauptsterns im Zentaur: 537 Millionen Meilen, eines Doppelsterns im Ophiuchus: 577 Millionen, und des Doppelsterns Sirius: 746 Millionen Meilen. Bei ersterem dauert eine Drehung des ganzen Systems 88½, beim zweiten 94½, beim Siriussystem 49⅓ Jahre. Uebrigens giebt es in den Umlaufszeiten der Doppelsterne alle Abstufungen von 7 Jahren bis zu Jahrtausenden (Doberck berechnete die Umlaufszeit eines Doppelsterns im Wassermann zu 1578 Jahren), ein Zeichen, daß in den inneren Bewegungen der Gashaufen, aus denen die Doppelsterne sich geformt haben, alle möglichen Unterschiede bestanden haben müssen. Von diesen Unterschieden mußte nothwendig die Geschwindigkeit, der gegenseitige Abstand, wie die Anzahl der entstehenden Sonnenmassen abhängen. Je allgemeiner und ausgebreiteter die Rotation, desto größer mußten die Abstände werden.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß manche Doppelsterne, und zwar in erster Linie wohl die von langer Umlaufszeit der Glieder des Systems und von sehr langgestreckten Umlaufsbahnen, sich erst später als fertige Sterne zusammengefunden haben. Wenn zwei von verschiedenen Weltrichtungen herkommende Körper auf ihrem Laufe sich so begegnen, daß sie nicht gerade gegeneinander stoßen, und wenn ihre beiderseitigen Bewegungen (aufeinander bezogen) nicht allzu heftig sind, so setzen sie ihre Fahrten nicht in bisheriger Richtung fort, sondern sie machen Bekanntschaft miteinander; es entsteht in Folge der zwischen ihnen bestehenden Anziehung ein Tanz beider Körper um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, der in ziemlich langen Ellipsen vor sich geht[37]. Die Bahnellipsen sind um so länger und die Zeit eines Umlaufes um so größer, je größer die Geschwindigkeiten beider Körper waren, mit denen sie sich bewegten, als sie sich begegneten. Die Anziehung zwischen beiden Körpern ist nämlich nicht im Stande, den Schwung ihrer Bewegungen sofort so zu hemmen, daß beide Körper von ihrer bisherigen Richtung augenblicklich und gänzlich ablassen und darum schießen sie mit gar nicht gemäßigter, sondern noch gesteigerter Geschwindigkeit beieinander vorbei und biegen nur allmälig aufeinander zu, um sich dann wieder zu fliehen. So entstehen die langen elliptischen Bahnen, in denen sich auch viele oder wahrscheinlich die meisten Kometen bewegen. (Vergl. S. 32.) Der kleinere, d. h. leichtere Körper, macht stets den größten Weg; das Letztere können wir auch an dem vorerwähnten Spiel zweier Bälle in der Luft beobachten, wenn dieselben ungleich groß sind.

V. Abschnitt.

Entstehung unseres Sonnen- und Planetensystems.

Vergegenwärtigt man sich das Planetensystem mit allen seinen Bewegungen, so wie wir es im II. Abschnitt kennen lernten, so erscheint es in seiner Beständigkeit und Harmonie wie ein gewaltiges mechanisches Kunstwerk, wie eine Uhr mit schneller und langsamer laufenden Rädern, sobald wir uns die Planeten mit ihren Bahnen als Radkränze denken, die mit verschiedenen Geschwindigkeiten um die Sonnenaxe rotiren, und die Planeten selbst mit ihren Monden sind wieder wie Räder und Rädersysteme, rollend um sich selbst und dabei auch im Kreise um die allgemeine Axe — ein wunderbares riesenhaftes merkwürdiges Getriebe!

Aber wie erstaunen wir erst über den großen Planeten-Mechanismus, wenn wir von den Astronomen erfahren, daß die Planeten infolge ihrer gegenseitigen Anziehung, und weil sie sich bald ferner stehen, bald näher kommen und oft paarweise ein gutes Stück nahezu miteinander kreisen, sich bedeutend in ihrem Laufe stören, einander gegenseitig aufhalten oder mit fortreißen, sich hin- und herziehen, daß jedoch alle diese Störungen wieder durch andere Störungen ausgeglichen werden, daß die gegenseitige Anziehung aller Planetenwelten wohl die Neigungen der Bahnen, die Exzentrizitäten, Axenstellungen und noch verschiedenes Andere unausgesetzt verändert, daß aber durch alle diese Veränderungen eine Veränderuug der mittleren Abstände der Planeten von der Sonne und darum ein

Zusammenstürzen des ganzen Uhrwerks nicht herbeigeführt wird!

Wie konnte sich ein so vollendeter, im Weltraum schwebender und dahin ziehender riesiger Mechanismus von selbst bilden? Stehen wir hier nicht etwa vor einem unumstößlichen Zeugniß für einen großen Weltenbaumeister und Weltenlenker?

Nun, bereits im vorigen Jahrhundert war die Wissenschaft so weit gediehen, daß sie zeigen konnte, wie ohne jede göttliche Mitwirkung das Planetengetriebe zu Stande gekommen sein könne. Der deutsche Philosoph Kant, wie der französische Mathematiker Laplace haben das große Verdienst, zuerst versucht zu haben, zu erweisen, wie sich das Sonnensystem von selbst, durch die Wirkung der den Stoffen anhaftenden Eigenschaften selbstthätig herausgebildet habe. Laplace sprach es freilich zuerst aus, daß die Hypothese von einem Schöpfer für die Erklärung der Eigenart des Sonnensystems eine überflüssige Hypothese sei, während Kant so unwissenschaftlich war und meinte, daß die Selbständigkeit der Materie nur um so klarer die Allweisheit des Schöpfers beweise. Wie aber mag nun in Wirklichkeit die Entwicklung des Planetensystems vor sich gegangen sein?

Aus dem, was im vorigen Kapitel über die Entstehung mancher Doppelsterne gesagt wurde, folgt, daß die Bahnen zweier Weltkörper nicht kreisförmig oder kreisähnlich werden können, wenn die Körper selbst aus weiten Entfernungen gegeneinander herangezogen kommen und sich zu einem Doppelsysteme vereinigen. Finden wir solche kreisähnliche Bahnen vor, so ist das darum stets ein sehr sicheres Zeichen, daß der Abstand der darin umlaufenden Körper vom Umlaufsmittelpunkte von Anfang ihres besonderen Bestehens an

immer derselbe oder nahezu derselbe war, wie er ist. Eine solche Beständigkeit der Abstände und die Kreisform der Bahnen konnte sich nur herausbilden, wenn die betreffenden Körper vor ihrem gesonderten Bestehen Bestandtheile einer großen, in gewissem Grade zusammenhängenden Masse waren, welche die großen Räume zwischen ihnen erfüllte und sich einheitlich um sich selbst drehte. Für unsere Planeten muß dies umsomehr gelten, wenn nicht außer Acht gelassen wird, daß unser ganzes Sonnensystem mit seinen kreisförmig umlaufenden Körpern nicht stillsteht, sondern sich durch den Weltraum dahin bewegt (vergl. Seite 27 und 33). Dieses, nämlich daß an Stelle des jetzigen Planetensystems ehemals eine mehr oder weniger zusammenhängende Masse existirt habe, das ist auch der Gedanke, mit welchem sich Kant der Hypothese von Wright (vergl. Seite 7) anschloß; von diesem Grundgedanken ging auch Laplace aus, als er seine berühmte Lehre von der Entwicklung des Planetensystems aufstellte.

Die Kreisähnlichkeit der Planetenbahnen ist einer der fünf starken Beweise für die Lehre, daß sich unser kunstvolles Sonnen- und Planetenrad aus einer rotirenden glühenden Gasmasse herausgebildet habe, welche einst den ganzen Raum des Systems und noch darüber hinaus erfüllte. Außer der Kreisähnlichkeit der Bahnen sind es noch folgende vier Thatsachen, die als Hauptbelege für jene Lehre gelten können:

die auffallend geringe Abweichung der Planetenbahnen von Kreisen mit gemeinschaftlichem Zentrum (konzentrische Kreise);

die Uebereinstimmung der Sonnendrehung in der Richtung mit dem Umlauf aller Planeten;

die Uebereinstimmung der Richtung aller bekannten Planetendrehungen (Axendrehungen) mit der Richtung der Sonnendrehung;

die Uebereinstimmung der Umlaufsrichtung der meisten Monde mit der allgemeinen Umlaufs- und Axendrehungs-richtung.[38])

Wollen wir nun eine möglichst richtige Vorstellung von den früheren Zuständen und der Entwicklung unseres Sonnen-systems erlangen, so dürfen wir nicht einen Augenblick vergessen, welche winzige Größe das ganze System im Vergleich zu den Abständen von den nächsten Sternen besitzt. (Vergl. Seite 37.) Denn war die Masse, aus der sich unsere Sonne mit ihren Planeten abgeschieden hat, ursprünglich einer jener Theile, in welche die große Fixstern-Gaswelt zerfiel, so haben wir einen Maaßstab für die anfängliche Ausdehnung dieser unserer Theilmasse in dem durchschnittlichen Abstande der nächsten Fixsterne von unserer Sonne. Es ergeben sich so aber ganz riesenhafte Ausdehnungen, verglichen mit dem jetzigen Durchmesser unseres Planetensystems; der Durchmesser unserer Masse betrug dann wenigstens das zehntausendfache des Durchmessers der Neptunsbahn. Wir können nun nicht annehmen, daß sich diese große Dampfmasse bei eintretender Abkühlung mit allen ihren Atomen bis auf den Umfang unseres jetzigen Sonnensystems einfach gleichmäßig verdichtet und zusammengezogen habe, denn das wäre nur eingetreten, wenn sich das ganze Heer der strömenden und fluthenden Gasatome mit überall gleicher Geschwindigkeit nach dem Mittelpunkt (Schwerpunkt) des Ganzen hin in Bewegung gesetzt hätte.

Gegen diese Annahme spricht die große Ausdehnung der Masse selbst, an deren Grenzen die Stoffe fast gerade so viel Neigung nach den noch lose angrenzenden Nachbarhaufen hin, wie nach dem Mittelpunkt des eigenen besitzen mochten, nämlich fast gar keine. Dem deutlicheren Zerfall der ursprünglichen Gesammtmasse ging nothwendig ein bloßes

allmäliges Dünnerwerden der Gase in den Gegenden vorher, in welchen sich keine Verdichtungsanfänge eingestellt hatten und gasige Uebergänge zu den Nachbarmassen bestanden unzweifelhaft noch lange, auch als die Trennung im Laufe der Zeiten sich mehr ausgeprägt hatte. Es gilt das allgemein auch für die übrigen Fixsternverdichtungen. Es konnten sich die ferneren Massen nicht in gleichem Maaße, wie die näher gelegenen, nach den Verdichtungspunkten hin in Bewegung setzen; nach dem Gesetze der Schwere mußten die so schon näher gelegenen Gase viel schneller herankommen, als die ferneren Massen, und je näher sich ein Massentheil den Zwischenregionen befand, und je weiter es von den Verdichtungshaufen entfernt war, desto weniger wird es sich an der allgemeinen Verdichtung und Versammlung in diesen Knotenpunkten betheiligt haben. So blieben die ferner befindlichen Massen bei dem Verdichtungsprozesse immer weiter hinter den näheren zurück. Auch konnte am Anfang die Abkühlung an den Zwischengrenzen kaum bedeutender sein, als im Innern, weil eine heiße Theilmasse beinahe noch ganz an die andere ebenso heiße grenzte.

So mußte sich in den mittleren Gegenden unserer Theilmasse nothwendig eine dichtere Ansammlung bilden und von der Mitte aus nach den Grenzen hin jede Abstufung bis zu den feinsten, noch vielleicht ursprünglichen Gasstoffmassen bestehen bleiben.

Wir lassen diese dünnen Dämpfe und Gase, diese Uebergänge zu den Nachbar-Fixsternmassen vorläufig außer unserer Betrachtung und verfolgen die Entwicklung der dichteren Gaswolken um den Schwerpunkt herum.

Hier in diesem dichteren Dampfgewimmel haben wir die erste Form unseres Planetensystems zu erblicken.

Wir wissen aus dem vorigen Abschnitt, unter welchen

Umständen sich Doppelsonnen, also Doppelsysteme aus einer Gasmasse bilden (vergl. Seite 85 und 86). In unserem Sonnensystem ist aber die Hauptmasse des ganzen Systems, nämlich ungefähr $^{749}/_{750}$, in der Sonne selbst vereinigt; unser Sonnensystem ist darum nicht doppelt, sondern einfach. Es müssen sich also die Bewegungen und Strömungen in unserer Planeten- und Sonnen-Gasmasse, nach allen Richtungen gehend, stark zersplittert haben. Die Bewegungen und Strömungen hoben sich dann in ihrer Zerfahrenheit gegenseitig größtentheils auf (weil Uneinigkeit stets ohne Wirkung, ohne Erfolg bleiben muß) und nur ein ganz geringer Theil der Gase gelangte zu einer Rotation. Der überwiegende Theil konnte wegen zu gering ausgefallener Bewegung der vom Verdichtungszentrum her ausgeübten Anziehung nicht widerstehen und mußte mit abnehmender Temperatur zu diesem hinsinken. So erklärt sich das außerordentliche Ueberwiegen der Sonne über die Massen der Planeten.

Diese letzteren aber blieben als rotirende Gasmassen um die Sonne vertheilt. Die Zentrifugalkraft war es, was sie hinderte, ebenfalls nach dem Schwerpunkt hinzuströmen und dort mit der Sonnenmasse einen kugelförmigen Haufen zu bilden; sie blieben, so wie es Laplace auch erklärte, eine Art rotirender Atmosphäre für die dichtere Sonnenmasse, diese kugelförmig, flach oder unregelmäßig umgebend, gleichwie die Gashülle der Nebelsterne ihre Verdichtungskerne.

In der rotirenden Planetenmasse müssen wir nach Vorstehendem also diejenigen Bestandtheile sehen, welche entschiedenere und zufällig nicht nach dem Schwerpunkt hin gerichtete Bewegungen von Anfang an besessen oder im allgemeinen Durcheinanderwogen der Gase erhalten hatten. In dem Ausgleichskampfe, den die Strömungen mitein-

ander im Laufe von vielleicht Billionen von Jahren geführt, mußte sich als Endergebniß auch die Uebereinstimmung in der Drehungsrichtung der Planetenmassen entwickelt haben, denn Alles, was entgegengesetzt strömte, konnte auf die Dauer nebeneinander nicht bestehen; eine Einigung der Drehung war die nothwendige Folge. Freilich hatten beträchtliche Massen dabei das Schicksal des Bewegungstodes, was sie eben dann zur Sonne niedersinken ließ. Die herausgebildete Drehungsrichtung war diejenige, in der heute noch die Planeten ihre Kreise um die Sonne ziehen. Warum gerade diese Richtung? Weil die Mehrheit der Massenbestandtheile, der Gasströme zufällig nach dieser Richtung sich bewegte. Es geht auch im Weltall nach Majoritäten, ganz wie in der Mechanik des gesellschaftlichen und staatlichen Lebens der Menschen.[39])

Die Planeten-Gasmassen besaßen, wie sich rechnungsmäßig nachweisen läßt, schon einigen, wenn auch sehr geringen, Zusammenhang. Wir sind versucht anzunehmen, daß ein solcher Zusammenhang auch hier noch völlig unmerklich und unwirksam gewesen sei, wenn wir uns vorstellen, daß die Materie unserer Planeten den ganzen Raum, in dem sie heute als gesonderte Körper schweben und laufen, und noch darüber hinaus, erfüllt haben. Indessen ist auch eine schwache Wirkung immerhin Wirkung, und sie kommt nothwendig auch zur Geltung, wenn kräftigere Wirkungen fehlen. So sehen wir z. B. die schwache Anziehung zwischen kleinen Körpern, sobald dieselben auf Wasser gesetzt werden, auffallend wirksam; die Körper schwimmen aufeinander zu und hängen sich aneinander (besonders deutlich bei blechenen Schiffchen u. dergl. zu beobachten), weil die Bewegung auf dem Wasser äußerst geringen Widerstand erfährt und weil die Bewegungsfläche vollkommen wagerecht ist, während

dieselben Körper sich nicht von der Stelle rühren, wenn sie auf dem Tische liegen. Jener schwache Zusammenhang schon erklärt, warum sich die Sonne in derselben Richtung, wie die Planeten heute noch umlaufen, um ihre Axe dreht. Die Sonnenmasse war damals noch kein besonderer Gaskörper, sondern ging allmälig in die Planetenhülle über, war also mit letzterer materiell verbunden, und sie konnte sich auf die Dauer nicht anders drehen, als die Planetenhülle. Auch mag dazu gekommen sein, daß die Massentheile, aus denen sie sich zusammensetzte, die aus den Planetenregionen herniedergesunken waren, oft ursprüngliche oder beim Durchströmen der rotirenden Planetenhülle erlangte Bewegungen nach innen mitbrachten. Die ganze Masse wurde eben schließlich einig in der Richtung ihrer Rotation, wie es unser Experiment von Seite 85 veranschaulicht.

Dieselben Ursachen, welche auf eine Einheitlichkeit der Drehungsrichtung hinwirkten, mußten auch eine solche Einheitlichkeit der Rotationsaxe des Ganzen herbeiführen; ja, die Drehungsaxe war schon von dem Augenblick an eine gemeinschaftliche, wo die Drehung selbst einheitlich geworden war. Welche Richtung im Raum diese gemeinsame Drehungsaxe erhielt, hing ganz von der Lage der Axe der Gasmassen-Mehrheit ab. Es ist durchaus nicht gesagt, daß die Ebene unserer Erdbahn horizontal (wagerecht) liegt. So wie wir nicht sagen können, daß wir in Europa gerade oben auf dem Erdball stehen und nicht seitwärts oder unten, so ist es auch unstatthaft, die Drehungsaxe unseres Sonnensystems für senkrecht stehend, die Ebene der Planetenbahnen für wagerecht liegend zu halten. Auch diese Begriffe gelten im Weltraum nicht.

Die glühende Planeten-Gasmasse verlor nothwendig im Laufe der Zeiten von ihrer Wärme und dieses ermöglichte

ein Näherrücken der Atome, eine Verdichtung, wozu es in Folge der Anziehung stets kommt, sowie es der Wärmezustand der Atome (ihre Wärmebewegung) zuläßt. Doch trat von einem gewissen Zeitpunkte an ein merkwürdiger Zustand ein. Die ganze Masse konnte sich bei aller Verdichtung nicht weiter verkleinern; es war wiederum die Zentrifugalkraft, was die Verkleinerung hinderte. Diese, uns jetzt sehr bekannte, bei jeder Rundbewegung auftretende Kraftwirkung, wie die ihr zu Grunde liegende Rotation, ist von aller Temperaturveränderung unabhängig, weil auch das Gewicht der Körper von dieser nicht abhängt. Ein Zentner Eisen wiegt auch geschmolzen oder glühend einen Zentner und aus einem Kilogramm Wasserdampf erhält man nach der nöthigen Abkühlung genau ein Kilogramm Wasser. Diese Zentrifugalwirkung verhinderte nach wie vor das Hinströmen der Planetengase nach den mittleren Gegenden, wo sich der Sonnenknäuel befand und nur insoweit war eine Annäherung der Massen zueinander möglich, als sie ohne Aenderung des Abstandes von der Umdrehungsaxe geschehen konnte. Die Massen näherten sich darum, statt dem Mittelpunkt des Ganzen, jetzt parallel (gleichlaufend) mit der Axe nach einer Mittelebene hin und so bildete sich eine flache linsen- oder scheibenartige Gestalt aus. Da aber die fernere Abkühlung nothwendig eine weitere Verkleinerung der Ausdehnungen nach sich zog, so blieb den Planetenmassen am Ende nichts Anderes übrig, als zu zerfallen. Allein der Zerfall war hier gänzlich verschieden von demjenigen Zerreißen, welches wir bei der großen Fixstern-Gaswelt kennen lernten.

War die Planetenmasse anfangs unregelmäßig gestaltet, so lösten sich zunächst die Zipfel und Ausläufer ab, d. h. diese Ausläufer blieben in jenem Abstande laufend, der ihrer Zentrifugalkraft entsprach; sie verkleinerten, verdichteten sich

dort und trennten sich in Folge dieser ihrer Verkleinerung von der Hauptmasse. Es blieb dann zuletzt eine mehr oder weniger kreisförmige Scheibe übrig, in welcher alle Massen mit gleichem Abstande vom Mittelpunkt annähernd gleiche Geschwindigkeit und also gleiche Zentrifugalkraft besaßen. Der äußere Rand z. B. war (weil kreisförmig) überall gleichweit vom Mittelpunkt entfernt und in allen Theilen dieses



Abb. 19. Planeten-Gasringe nach Laplace.

Randes wirkte darum die gleiche Zentrifugalkraft. Man kann sich so die ganze Masse aus einer großen Anzahl von konzentrischen aneinander grenzenden Ringen bestanden gewesen denken, von denen jeder die Massen gleicher Zentrifugalkraft enthielt. Das Zerfallen der Planetenscheibe war nun nichts Anderes, als die Trennung in solche Ringe, die Verwandlung in eine große Anzahl von ringförmig angeordneten Gaswolken, auch wohl — bei noch vorhandenen

Unregelmäßigkeiten — von Ringstücken, und zwar löste sich ein Ring nach dem anderen ab.[40])

Wenn wir die Sonne noch nie gesehen hätten und wir wüßten von ihr nur, daß sie aus flüssigen und gasförmigen glühenden Massen — etwas dichter als Wasser — besteht, so würden wir mit einem Zirkel in der Hand einen Kreis schlagen und sagen können: das ist die Gestalt der Sonne. Wir wissen, daß die Anziehung weicher und flüssiger Massen, wenn sie nicht gestört ist durch andere Ursachen, immer darauf hinwirkt, daß sich die Massen in einen Gleichgewichtszustand versetzen, der in der vollendeten Kugelgestalt seinen Ausdruck findet. Aber fast genau so sicher wissen wir auf Grund der einfachen Sätze der Mechanik, daß eine rotirende Gasmasse bei eintretender Abkühlung und Verdichtung sich abflachen und alsdann in eine Anzahl rotirender Ringe oder Kränze, aus vielen einzelnen Gaswolken gebildet, und in einen kugelförmigen Mittelkörper zerfallen muß. In Abbildung 19 ist das Stadium des ringförmigen Zerfalles und der Ablösung von Ausläufern veranschaulicht.

Die Ringformation ist im Weltall durchaus nichts Seltenes, wie die Milchstraße, zahlreiche Nebelflecken, die Ringe des Saturn u. s. w. uns schon bewiesen haben. Wir wollen uns hier aber noch einen großen Nebelfleck mit sehr ausgeprägter Ringgliederung betrachten, ein wunderbares Gebilde im großen Löwen. (Abbildung 20.) Wir könnten fast glauben, in diesen Ringformen und Ausläufern eine im Werden begriffene Planetenwelt zu erkennen. Aber das Spektrum dieses Nebelflecks macht es wahrscheinlicher, daß seine Massen ein ganzes ungeheures, fertiges Weltensystem seien, wie das Sternenheer unserer Milchstraße eins ist.

Es ist nach dem Vorgange Laplace's gewöhnlich angenommen worden, daß die Anzahl der abgetrennten Ringe

der Anzahl unserer jetzigen Planeten entsprochen (etwa wie auch unsere Abbildung darstellt) und daß sich aus jedem solchen Ringe ein Planet gebildet habe. In neuerer Zeit wird jedoch mehrfach darauf hingewiesen, daß diese Annahme unstatthaft ist, weil die Ringe, zumal die der Planeten außerhalb der Planetoidenzone, dann zu Anfang ganz unmögliche Breiten besessen haben müßten. Dem Ring z. B., aus welchem Jupiter entstanden wäre, würden wir dann die kolossale Anfangsbreite von 90 bis 100 Millionen Meilen zuzuschreiben haben. Die Breite der entstehenden Ringe wie überhaupt die Ausdehnung der sich ablösenden Stücke mußte nothwendig davon abhängen, welcher Grad des Zusammenhangs und der Dichtheit bereits in den gasigen Massen bestand. Eine je feinere Materie wir erhalten, wenn wir den Gesammtstoff unserer jetzigen Planeten in dem Raum innerhalb der Neptunsbahn und etwas darüber hinaus rechnungsmäßig vertheilen, desto kleiner müssen wir die Anfangsbreite der Ringe und desto größer ihre Anzahl annehmen. Vielleicht war die Anzahl der Ringe oder Kränze, in welche sich die gesammte Planeten-



Abb. [illegible]. Nebelfleck im großen Löwen in ungleich kräftigen Fernrohren gesehen.

masse sonderte, wenigstens 50, die Anfangsbreite derselben höchstens 12 bis 14 Millionen Meilen.

Um nun zu ermitteln, welche Dichtheitsunterschiede in der einstigen rotirenden Gasscheibe bestanden haben, dachte ich mir die Massen der acht Planeten und der Planetoiden (diese als ein Planet angenommen) zu rings um die Sonne gehenden Ringen von gleicher Dicke aufgelöst, die sich gegenseitig berühren, also einen Ring an den anderen grenzend. Die Grenzen der Ringe setzte ich zwischen die Planetenbahnen und zwar nach dem Verhältniß der Massen der Planeten überall der kleineren Planetenmasse näher. Ich erhielt dadurch folgende merkwürdigen Verhältnisse für die mittlere Dichtheit der einzelnen Ringe, die Dichtheit des Neptunringes als Einheit angenommen:

	Dichtheit:	(Angenommene Ringbreite in Millionen Meilen):
Ring des Neptun	1,0	(236)
„ „ Uranus	2,3	(124)
„ „ Saturn	17,4	(189)
„ „ Jupiter	207,4	(110)
„ der Planetoiden	? (bedeutend kleiner als 1)	(16)
„ des Mars	1,3	(16)
„ der Erde	30,9	(12)
„ „ Venus	62,6	(9)
„ des Merkur	87,0	(2/3)
Scheibe der Sonne	98,440,0	(Durchmesser 15).

Hieraus ersieht man zunächst, daß die jetzige Dichtheit der Planeten gar nicht maßgebend ist für die Dichtheit der ehemaligen Gasringe. Obgleich die Erde jetzt mehr als viermal so dicht ist, als Jupiter, war doch die durchschnittliche Dichtheit der Gasmassen, aus denen Jupiter wurde, fast siebenmal so groß, als die der Gase der Erde.

Wenn unsere obige Annahme über die Abhängigkeit der Breite der einzelnen Ringe, beziehungsweise der Größe der sich absondernden Wolken von der Dichtheit der Materie richtig ist, so müssen sich die Gase des Jupiter in die geringste Anzahl von Ringen und von der größten Breite oder in die geringste Anzahl einzelner kranzförmig geordneter Wolken, jede von größter Ausdehnung, getrennt haben; umgekehrt wird dann die Materie der Planetoiden in eine sehr große, in die größte Zahl von sehr kleinen Wolken zerfallen sein. Aber dieses Letztere entspricht merkwürdigerweise der großen Anzahl jener kleinen Körper, die da zwischen Mars und Jupiter kreisen.

Eigentliche zusammenhängende Ringe konnten unmöglich lange von Bestand sein; es kann nachgewiesen werden, daß infolge derselben Verdichtung, welche die Planetenmaterie in Ringe sonderte, auch bald nach dieser Sonderung die Ringe selbst in je eine größere Anzahl von Stücken zerreißen, zerfallen mußten. Vielleicht ist es richtiger, wenn wir uns die Ringe, wie schon angedeutet wurde, nur als Kränze, als kreisförmige Reihen einzelner Gasballen denken (s. Abb. 21), in welche sie gleichzeitig mit der Abtrennung zerfielen, als anzunehmen, daß die Ringe nach der Ablösung noch lange zusammenhingen, denn die Verdichtung, welche die Ablösung bewirkte, machte sich selbstredend nicht nur in der Richtung nach dem Mittelpunkt zu, sondern auch in jeder anderen Richtung geltend. Auf jeden Fall dürfen wir annehmen, daß in einer gewissen Entwicklungsperiode Tausende einzelner lose miteinander zusammenhängender Gasmassen um die Sonne zogen.

Die einzelnen Planetenmassen entstanden nun nothwendig so: Die vielen Stücke und Ringtheile kamen einander allmälig während ihres Laufes um die Sonne näher

und es vereinigte sich stets eine größere Anzahl von Stücken zu einem einzigen dichteren Gasballen, der dann mehr oder weniger kugelförmige Gestalt annahm.

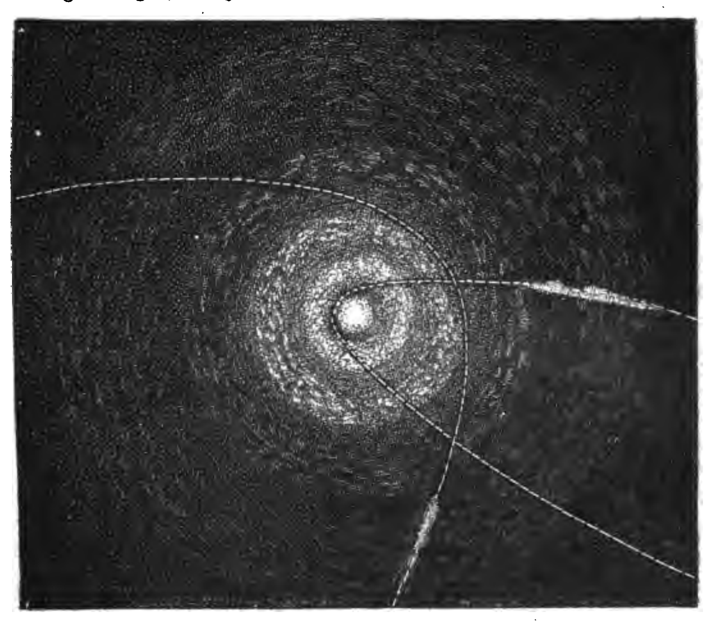


Abb. 21. Das ehemalige Planetensystem nach Seite 102, 110 u. f. und Tabelle Seite 101. (Original-Zeichnung des Verfassers.)

Der Philosoph **Karl du Prel** hat im Jahre 1874 („Der Kampf um's Dasein am Himmel“, Berlin) gezeigt, wie sich in unserem Sonnensystem unter der Wirkung der natürlichen Umstände die heute so vollendete Zweckmäßigkeit und Harmonie ausbilden mußte. Die Sache ist höchst einfach. Es mußten sich ohne allen Zweifel alle diejenigen einzeln laufenden Massen miteinander vereinigen, welche wegen zu großer gegenseitiger Nähe, der damit verbundenen stärkeren Anziehungen und der sich hieraus ergebenden Störungen auf

die Dauer nicht nebeneinander getrennt laufen konnten. Aber nur solche Störungen führten zu Aenderungen im Sonnensystem, zu Vereinigungen, Aenderung der Bahnen u. s. w., welche hinreichend waren, derartige Aenderungen zu erzeugen; alle anderen Störungen blieben wirkungslos. Somit mußten sich mit der Zeit alle nur irgend möglichen Vereinigungen und Zusammenstürze vollziehen und das Endergebniß war eine derartige Vertheilung der Planeten-Materie, welche die inneren Bedingungen des dauernden Bestandes besitzt. So sehen wir in unserem jetzigen Sonnensystem nur noch jene wunderbaren Störungen in Thätigkeit, welche von einem weisen Weltschöpfer dazu angeordnet zu sein scheinen, die Wirkungen und die Unordnung vorhergegangener Störungen wieder auszugleichen.

Jener Denker weist also die berühmte Darwin'sche Lehre von der Entstehung der Zweckmäßigkeit im Gebiete des Pflanzen- und Thierreichs: daß das Unzweckmäßige zu Grunde gehe und nur das Zweckmäßige übrig bleibe — als auch in der Sternenwelt giltig nach. Es wird sonnenklar, daß das Unzweckmäßige darum nicht allzu häufig zu finden ist, weil es seiner Natur nach keinen sehr langen Bestand haben kann.

Wir sehen hierbei auch, daß die Zweckmäßigkeit in den Sonnen- und Sternsystemen lediglich eine Sache der Zeit ist. In einem Sonnensystem, wie das unserige, welches sowohl seiner Größe, wie der Zeiträume seiner Entwicklung nach nur wie eine Eintagsfliege erscheint verglichen mit den großen Systemen der Fixsternhaufen — hier vollzieht sich auch die Entwicklung der Harmonie vergleichsweise sehr schnell. Anders ist es dagegen in den ungeheuren Weltverbänden, welche die Sonnen selbst, die Sterne miteinander

bilden; dort wird vielleicht ein auch nur annähernd dauerhafter Zustand der Harmonie und des Friedens niemals erreicht. Wir kommen bei der Besprechung des Weltunterganges hierauf zurück.

Was die Reihenfolge der Ringabtrennung anbetrifft, so müssen wir annehmen, daß sich die äußersten dünnen Zonen der Planetenmasse zuerst ablösten, hauptsächlich, weil hier die Abkühlung am größten war. Die Zahlen auf Seite 101 führen übrigens leicht auf die Vermuthung, daß sich der ganze Absonderungsprozeß in zwei Perioden gegliedert haben mag; in der ersten Periode löste sich vielleicht nur ein einziger gewaltiger unbestimmt begrenzter luftiger Gasring von der Planetenmasse ab, umfassend die Massen der jetzigen Planeten Neptun, Uranus, Saturn und Jupiter, und innerhalb dieses Ringes schwebte dann die ebenfalls unbestimmt begrenzte Sonnenmasse, noch verbunden mit den Stoffen der Planetoiden, des Mars, unserer Erde, der Venus und des Merkur. Erst in einer zweiten Periode würde dann die weitere Zertheilung dieser beiden großen Hauptheile stattgefunden haben. Doch kann man auch an zwei Perioden der Ablösung von Kränzen in dem Sinne zweimaliger Steigerung der Ablösungsthätigkeit denken, die das erste Mal mit den äußerst dünnen Gasen des Neptun, das zweite Mal mit den noch dünneren der Planetoiden ihren Anfang nahm.

Es läßt sich überhaupt die Frage aufwerfen, warum sich eine so große Masse in dem Abstande des Jupiter und außerhalb anhäufen konnte. Von den verschiedenen Vermuthungen, die hierüber ausgesprochen werden können, entspricht wohl die folgende den Thatsachen am besten. Wenn wir festhalten, was wir über den Ursprung der Doppelsterne und andererseits der einfachen Sonnenmassen (Seite

86 und 94) erkannt haben, so müssen wir uns sagen, daß es in der Welt auch alle möglichen Zwischenstufen, alle Grade der Zersplitterung sowohl, wie auch der Vereinigung der Bewegungen gegeben haben müsse. In unserem Sonnensystem war ja der Grad der Zersplitterung schon nicht so bedeutend, daß sich alle Bewegungen gegenseitig aufhoben, denn sonst gäbe es gar keine Planeten, sondern die ganze Masse wäre Sonne geworden und weiter nichts. Nehmen wir nun an, daß sich gerade in einer Abstandszone, in der wir heute Jupiter antreffen, eine größere Stoffmenge infolge etwas besserer Uebereinstimmung in der ursprünglichen Bewegung dortselbst kreisend erhielt (daß also dort etwas weniger Gasmassen den Bewegungstod starben), so erkennen wir in unserem Sonnensystem sehr klar einen schwachen Anlauf zu einem Doppelsystem; wir können Jupiter und Sonne fast als Doppelstern auffassen, allerdings mit außerordentlicher Ungleichheit beider Glieder.[41])

So wäre die zweite größere Anhäufung in unserem Sonnenverbande, die Anhäufung der vermutheten ersten Ringabsonderungsperiode (des Jupiter, Saturn u. s. w.) gut zu erklären; freilich ist diese Anhäufung immer noch verschwindend klein gegenüber der Sonnenmasse selbst.

Die zweimalige Steigerung der Dichtheiten in den Gaskränzen steht vielleicht in einigem Zusammenhange mit einem anderen Räthsel, welches uns das Sonnensystem aufgiebt. Gemäß dem dritten Kepler'schen Gesetze laufen die Planeten um so schneller, je näher sie der Sonne stehen: Merkur läuft am schnellsten, nämlich 6⁴/₁₀ Meilen in jeder Sekunde, während die Erde etwa 4 Meilen, Jupiter 1⁷/₁₀, Neptun gar nur ⁷/₁₀ Meilen in der Sekunde zurücklegt. Je näher ein Planet der Sonne steht, mit desto größerer Geschwindigkeit muß er sich bewegen, wenn er seinen Abstand beibehalten

soll, denn die größere Nähe der Sonne ist mit viel größerer Anziehung von Seiten dieser verbunden, dem nur mit einer stärkeren Zentrifugalkraft entgegengewirkt werden kann; diese aber erfordert schnellere Bewegung. Wie wir in Abschnitt VI sehen werden, konnten hingegen die Axendrehung der Erde, wie der übrigen Planeten (ebenso die Umlaufsbewegungen der Monde), ihre jetzige Richtung nur empfangen, wenn sich die inneren Theile eines jeden der Wolkenkränze, aus denen Planeten werden sollten, entsprechend ihrem kleineren Abstande vom Mittelpunkt, langsamer bewegten, als die äußeren Theile. Wir finden hier also einen merkwürdigen Widerspruch: Die thatsächliche Richtung der genannten Axendrehungen und Umläufe scheint langsamere Bewegung der inneren Partien der ehemaligen Gasscheibe, das wirkliche Dasein der Planeten in verschiedenen Abständen von der Sonne schnellere Bewegung jener Partien zu beweisen.

Nimmt man nun an, daß sich die ganze Gasscheibe nach Ausgleich der verschiedenen inneren Strömungen, also von einem gewissen Entwicklungsalter ab, ziemlich einheitlich drehte, mit den größten Geschwindigkeiten am Rande, den kleinsten um das Zentrum herum[42]), so daß alle Theile, auch die mittelsten Partien, wie bei einer Drehscheibe, in derselben Zeit annähernd eine ganze Umdrehung vollendeten[43]), so ergiebt sich, daß ein Planetensystem, welches sich aus einer solchen Gasscheibe ohne sonstige Beeinflussung entwickelt hätte, nur aus der Sonne und einem oder einigen nahe beieinander kreisähnlich umlaufenden Planeten bestehen würde, statt aus der Sonne und aus Planeten in allen möglichen Abständen. Es konnten sich dann nämlich nur diejenigen Massen als Ring oder Kranz ablösen und ihren Abstand behaupten, deren Geschwindigkeit

gerade dem dritten Kepler'schen Planetengesetze entsprach; alle anderen Massen, sowohl die *innerhalb* des Ringes befindlichen, wie die *äußeren* würden langgezogene Ellipsenbahnen eingeschlagen haben. Da wir aber kreisförmig laufende Planeten in den verschiedensten Abständen vorfinden, so kommen wir zu dem wichtigen Schlusse, *daß die Gasscheibe sich allmälig in schnellere und immer schnellere Umdrehung versetzt habe,* **während** *die Ablösung der Wolkenkränze stattfand.*

Gewöhnlich sieht man die Ursache dieser Steigerung der Rotation in der Zunahme der Geschwindigkeit, welche die Annäherung einer Masse an das Zentrum des Ganzen im Gefolge hat; wenigstens fand ich in allen einschlägigen Werken, die mir zugänglich waren, die Sache so dargestellt. Bei genauerem Studium erkennt man aber, daß diese Zunahme nicht hinreicht, die wirklichen Geschwindigkeiten der Planeten zu erklären, nur muß man festhalten, daß die gesammte Planetenmasse von irgend einem Zeitpunkt ihres gasigen Daseins an, wie eine Drehscheibe, mit annähernd gleicher Winkelgeschwindigkeit aller ihrer Theile, rotirt habe und außerdem muß man ausschließen, daß das Material innerer Planeten aus den Gasen des Randes hereingestürzt sei. (Dieses Hereinstürzen hat in bedeutenderem Maße weder vor noch nach dem Zerfall der Gasscheibe stattgefunden; *vorher nicht*, weil sonst die inneren Partien der Gasscheibe schnelleren Umlauf erhalten hätten, als die äußeren, wodurch die Richtung der Axendrehungen der Planeten und die der Mondumläufe die entgegengesetzte geworden wäre, als wie sie thatsächlich ist, wie wir später noch sehen werden — *nachher nicht*, weil sonst die inneren Planeten nicht in kreisähnlichen Bahnen, sondern in langgezogenen Ellipsen laufen würden, was wiederum nicht der Fall ist.) Wäre

die große Geschwindigkeit Merkurs z. B. allein die Folge ehemaliger Annäherung seiner Massen an die Sonne, so müßten diese aus den Fernen der äußeren Planeten hereingekommen sein. Man muß sich vergegenwärtigen, daß die Massen des Merkur, als ordnungsmäßiger Theil unserer Gas-Drehscheibe gedacht (das heißt, wenn sie sich in der gleichen Zeit einmal umschwangen, wie die Gasmasse des Neptun am Rande), in jenen Anfangszeiten sich wohl höchstens mit einer Geschwindigkeit von 1/100 Meilen (also nur 1/640 der jetzigen Geschwindigkeit) bewegt haben konnten.

Kommt nur die allmälige Zusammenziehung in Betracht, welche die Gasscheibe in der Zeit der Ablösungen der Planetenkränze erfuhr, so sind die schnelleren Bewegungen der inneren Planeten (und also ihr Dasein überhaupt) nicht zu erklären. Denn setzen wir zum Beispiel das gesammte Material Merkurs selbst bis in den jetzigen Abstand der Venus, so müßte sich seine Geschwindigkeit von noch nicht 1/60 Meile (die es als ordnungsgemäßer Theil der Gas-Drehscheibe in diesem Abstande gehabt haben würde) bis über 6 Meilen vergrößert haben, was mit der Mechanik im Widerspruch steht.

Wir sind noch nicht so weit, um in dieser Frage vollkommen klar zu sehen, doch scheint mir sicher, daß es nicht der Sturz der Planeten, wie Carus Sterne in seinem schon genannten neuen Werke annimmt, sondern der Sturz der Kometenmassen gewesen ist, was die allmälige Beschleunigung der Umdrehung der Planetengase zum größten Theil verursachte.

Wir erinnern uns von Seite 93 her, daß nicht das gesammte Material unserer großen Theilmasse in dem Gebiete unseres eigentlichen Sonnensystems sich ansammelte, daß im

Gegentheil eine große, ja wohl die größte Menge der feinen ursprünglichen Gasmassen, dünne Uebergänge bis zu den Nachbar-Sonnenmassen bildend, zurückblieb. Auch die von der eigentlichen Planetenmasse abgelösten Zipfel und Ausläufer mußten sich noch außerhalb in den Räumen umhertreiben. Ich sehe nun, wie Laplace selbst, wie Newcomb und Andere, in diesen die Räume zwischen den Sonnensystemen erfüllenden Massen das Urmaterial für die unzähligen Kometen.

Solche außerhalb der Planetenverdichtung sich umhertreibende Massen werden um so weniger an der Rotation der Planetenmasse theilgenommen haben, je weiter sie von derselben entfernt standen und ihre Bewegungen werden entweder von Anfang an gering oder, im allgemeinen Durcheinanderströmen sich aufhebend, gering geworden sein. Eine mehr kreisähnliche Umlaufsbewegung und eine stärkere Zentrifugalkraft, welche der Anziehung von der Sonnen-Verdichtung her hätte entgegenwirken können, mußte bei diesen Massen um so mehr ausbleiben, je geringer ihre Bewegungen überhaupt waren. Wenn nun die mehr verdichtete Sonnen- und Planetenmasse auch bis in jene ferneren Gebiete ihre anziehende Kraft äußerte, so mußten die dortigen Gase sich der Planetenmasse allmälig nähern und mit steigender Geschwindigkeit in letztere hereinstürzen, so wie das heute noch geschieht. (Vergl. Seite 27 u. f.) So nur konnten jene sturzähnlichen langgezogenen und in allen möglichen Richtungen vor sich gehenden Bahnbewegungen entstehen, welche wir bei den Kometen in bester Uebereinstimmung damit vorfinden.

Wir werden weiter unten die Kometen und deren Entstehung näher besprechen; hier soll uns nur kurz die Rolle beschäftigen, welche sie bei der Entwicklung unseres Sonnensystems wahrscheinlich gespielt haben.

Wir nehmen an, daß, so wie jetzt die Kometen zu uns, in die Region der Planeten und zur Sonne, herangezogen kommen, so auch in der Gaszeit die Kometengase, im Laufe der Zeit sich nähernd, zuletzt sich schneller und immer schneller bewegend, in unsere Planetenmasse hereingestürzt seien. Da nun die Drehungsaxe unserer Planeten- und Sonnenmasse nur eine Linie ist, so mußten strenggenommen alle einschlagenden Kometen entweder rechts oder links von der Axe hereintreffen, weil ihr Sturz nur dann haargenau nach dem Schwerpunkt (der stets in der Drehungsaxe liegt) gerichtet gewesen wäre, wenn sie auf ihrem ursprünglichen Platze gar keine, nicht die geringste Bewegung besessen hätten, was nicht anzunehmen ist. Wenn wir nun berücksichtigen, daß die damaligen Kometenmassen ihrem Gewicht nach ein nicht unbeträchtlicher, vielleicht der größte Theil aller Materie gewesen sein werden und mindestens viel größer an Zahl, als die von heute (weil große Mengen derselben die Masse unserer Sonne, zu dieser niedersinkend und in ihrem glühenden Gasmeer untergehend, im Laufe der Zeiten vermehrt oder sich mit der Planeten-Gasscheibe vermischt haben werden), so können wir die bewegende Kraft dieser Kometenmassen nicht außer Acht lassen.

Wahrscheinlich ist es nun, daß diejenigen Bewegungen, welche die Richtung der Rotation der Planetenmasse bestimmte, auch einigermaßen in den ferneren Kometengasen vorherrschend waren, und so werden die meisten Kometen, die aus den geringeren Fernen jedenfalls, auf derjenigen Seite von der Umdrehungsaxe eingeschlagen sein, wo sie die Drehung befördern mußten. Man kann sogar für möglich halten, daß die Drehungsrichtung der ganzen Planeten- und Sonnenmasse endgiltig erst bestimmt worden

sei von der zufällig vorherrschenden Richtung des Kometen-Bombardements, dem die Planetenmasse ausgesetzt war.

Die unzählig vielen Anstöße und Antriebe der nach und nach herbeiströmenden Kometen-Gasmassen können es nur gewesen sein, was die allmälige Beschleunigung der Drehung der Sonnengase mit ihrer Planeten-Atmosphäre bewirkte; es scheint keine andere hinreichende Ursache dafür existirt zu haben.

Den fernen ursprünglich zurückgebliebenen Kometengasen hätten wir also nicht nur eine weitere Massenvermehrung der Sonne zu verdanken, sondern auch vielleicht unsere Erdenexistenz, weil die Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars u. s. w. ohne genügende Beschleunigung der Drehung der einstigen Gasmasse nicht abgetrennt worden wären. So wie Länder mit großem Kolonialbesitz, wie England z. B., sich bereichern und wie der Handelswerth der kolonialen Erzeugnisse im Mutterlande zur Steigerung des „National-wohlstandes", wie zu allerlei außerordentlichen Erscheinungen beiträgt, so zog das Sonnen- und Planetensystem — wenn die Darstellung richtig ist — einen Gewinn aus den großen ferner liegenden Kometengebieten, der sich in reicherem Planetenleben, wie in größerer Macht der Sonne verkörperte.

Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, ob die Wolken, aus deren Material Neptun entstand, die zuerst abgetrennten waren. Der Neptun ist zwar bis jetzt als der äußerste der Planeten bekannt, doch ist nicht unmöglich, daß außerhalb Neptuns noch planetarische Körper zu unserer Sonne gehören. Insbesondere leitet die große Aehnlichkeit der Abnahme der Ringdichtheiten in der Liste auf Seite 101 darauf hin, daß sich möglicherweise außerhalb Neptuns eine zweite große Anzahl von Planetoiden bewegt, die wir nur wegen der großen Entfernung nicht sehen. Die Dünnheit der

äußersten Gasmassen verhinderte auch dort vielleicht die Zusammenballung zu einem einzigen Körper und führte statt dessen zur Bildung von einer großen Anzahl einzelner Brocken, wie es innerhalb der Jupitersbahn in der Region der bekannten Planetoiden geschah.

Fassen wir das Bisherige kurz zusammen, so stellt sich der Vorgang der Planetensonderung wie folgt dar: Die Gashülle, welche die dichtere Sonnenmasse umgab — mit dieser von einer gewissen Zeit ab einheitlich und mit überall annähernd gleicher Winkelgeschwindigkeit sich drehend — plattete, flachte sich zunächst ab, alsdann zerfiel sie (vielleicht in zwei Perioden), in eine große Anzahl von konzentrischen Gasringen oder wahrscheinlich Kränzen von Gasballen, indem sich im Laufe der Zeit mit fortschreitender Abkühlung am jeweiligen Rande ein Wolkenkranz nach dem andern ablöste. Die Fortdauer dieser Ablösungen bis zur Ablösung der Merkurmassen wurde ermöglicht durch eine fortwährend vor sich gehende Beschleunigung der Drehung der jeweiligen Restmasse; diese Beschleunigung aber konnte zu ihrem überwiegenden Theil nur hervorgebracht werden durch die von weiterher kommenden Kometengase, der vormaligen überall verbreiteten Uebergangsmassen. Die Gasballen der Ringe oder Kränze vereinigten sich dann im Laufe der Zeiten allmälig zu wenigen größeren Gashaufen, den eigentlichen Planetenmassen.

Wir Menschen, sowie Alles, was auf und in der Erde sich befindet, die Erde selbst, wie alle Planeten und Monde, sind also kondensirte, d. h. verdichtete Sonnen-Atmosphäre, innerhalb welcher einst unsere Leiber, in Gasatome aufgelöst, mitten im großen Strome um das gemeinschaftliche Verdichtungszentrum zogen. Wahrscheinlich ist es ferner, daß auch von den weither hereingekommenen Kometen-

wolken so manches Stück ihrer Masse Bestandtheil unserer Planeten wurde, wenn die Kometenwolken in die rotirende Planetenmasse eintauchten. Andererseits werden die Kometen, sofern sie sich in ihrem Schwunge von den Planetengasen nicht aufhalten ließen, beim Durchströmen derselben planetarische Bestandtheile in Menge mitgerissen und davongeführt haben.

Aus der hier dargestellten Hypothese von der Mitwirkung der Kometengase bei der Bildung des Planetensystems erklären sich auch sehr leicht die Abweichungen der Planetenbahnen von der genauen Kreisform, ebenso die Abweichungen der Bahnebenen untereinander, soweit diese Abweichungen nicht schon durch den geringen Zusammenhang in der ehemaligen Gasscheibe erklärt sind. Ein jeder Maschinenbauer weiß, wie schwer es hält, ein großes Schwungrad, etwa für eine Dampfmaschine, so herzustellen, daß dessen Schwungring beim Rotiren nicht im Geringsten schwankt. Um wie viel geringer ist aber die Möglichkeit für eine ungeheuer große, luftige, schwach zusammenhängende Nebelscheibe, sich in eine einheitliche Drehung ohne Schwanken und Abweichung in allen ihren Theilen zu versetzen, sodaß genau kreisförmige Bahnen, genaueste Uebereinstimmung der Bahnebenen daraus hervorgehen können. Doch auch die Kometenmassen mußten solche Abweichungen hervorbringen. Diese Massen schlugen an den verschiedensten Stellen in die Planeten-Gasscheibe ein, oberhalb wie unterhalb (die nördliche Seite als „oben" gedacht), schief, rechts und links; diese Regellosigkeit aber mußte sich einigermaßen auf die Bewegungszustände in der Gasscheibe übertragen, und wird sich jetzt in den Bewegungen der Planeten einigermaßen wieder erkennen lassen. Auch ist es möglich, daß der Zufluß von Kometenmassen im ganzen Verlaufe der

Gaszeit nicht ganz gleichmäßig stattgefunden habe. Ein schwächerer Zufluß mußte auch in der Beschleunigung der Drehung eine Verminderung nach sich ziehen und die sich abtrennenden Planetenmassen mußten dann entsprechend kleiner ausfallen.

Die du Prel'sche Theorie (vergl. Seite 103) führt auch zur Erklärung einer Eigenthümlichkeit im Planetensystem, der wir noch nicht gedacht haben. Sehen wir die Abbildung Seite 17 an, so bemerken wir nämlich nahe bei der Sonne die Planetenkreise viel enger beieinander, als die Bahnen der mehr außen laufenden Planeten Neptun, Uranus, Saturn u. s. w.; die Entfernung zwischen den einzelnen Planetenbahnen wird um so größer, je weiter wir von der Sonne wegschreiten.

Wenn die Gasballen der jetzt bestehenden Planeten durch Vereinigung mehrerer oder vieler Gasmassen und Ringstücke entstanden, so müssen sich also dort draußen viel mehr Vereinigungen, größere Leerung der Räume und so auch größere Anhäufungen und Zusammenballungen vollzogen haben, als in der Nähe der Sonne; sind ja doch auch die äußeren Planeten bedeutend größer, als die inneren. Das war nun eine naturgesetzliche Nothwendigkeit und zwar aus folgendem Grunde:

Zwei Körper oder Massen, die in verschiedenem Abstande, jedoch in benachbarten Bahnen um die Sonne laufen, ziehen sich gegenseitig um so stärker aus ihrer Bahn, stören sich also in ihrem Laufe um so mehr, je längere Strecken sie miteinander in einiger Nachbarschaft, d. h. in derselben Gegend ihrer Bahnen, auf derselben Seite, von der Sonne aus gesehen, laufen, und soll eine Vereinigung, ein Zusammensturz beider Massen verhindert werden, so darf die Strecke, die sie in solcher Nachbarschaft miteinander zurücklegen, einen gewissen Theil ihrer Bahnen

nicht überschreiten. Aber die Dauer eines solchen Miteinanderlaufens hängt ganz von dem Unterschiede ihrer Bahngeschwindigkeit ab, denn je größer dieser Unterschied ist, desto eher wird ja der schnellere Körper dem langsameren voraneilen und entlaufen. Wir wissen von Seite 106 her, daß für jeden Abstand eines Körpers von der Sonne eine bestimmte Geschwindigkeit erforderlich ist. Der Unterschied in diesen erforderlichen Geschwindigkeiten ist nun (nach dem Gesetz der Anziehung und dem der Zentrifugalkraft) um so geringer, je weiter die beiden gedachten Körper von der Sonne entfernt laufen, und sollen beide Körper dauernd als gesonderte Massen existiren, so muß auch der Zwischenraum zwischen ihren Bahnen um so größer sein, je weiter weg von der Sonne diese Bahnen liegen. So ist z. B. der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten von Merkur und Venus 1⁷/₁₀ Meilen; würden diese beiden Körper in der Ferne der Neptunsbahn draußen laufen, aber ebenso nahe beieinander, wie in Wirklichkeit, nämlich mit 6¾ Millionen Meilen mittlerem Bahnenabstand, so wäre der Unterschied zwischen ihren für den Umlauf erforderlichen Geschwindigkeiten nur 45 Meter, ein Unterschied, der ganz unzureichend wäre, ihre gegenseitige Annäherung und ihren Zusammensturz zu verhindern.

Aus diesem Grunde können die Bahnen getrennt laufender Planetenmassen um so näher zusammenrücken, je näher sie bei der Sonne sind.

Aus diesem Grunde mußten sich weiter draußen größere Zusammenballungen der Gaswolken vollziehen und also größere Planeten selbst, sowie größere Räume zwischen den einzelnen Planetenmassen bilden, weil nur so derjenige Unterschied in den Geschwindigkeiten gesonderter Massen hergestellt wurde, der dauernde Existenz gewährleistet.

Wir sehen von Schritt zu Schritt: in der wunderbaren erhabenen Welt der rollenden Himmelskörper hat Alles seine guten Gründe und nöthigt uns die erste anfängliche Betrachtung der Regeln und Zweckmäßigkeiten die höchste Bewunderung ab, so finden wir bei näherer Untersuchung und durch die Berechnung, daß es gar nicht anders sein kann, daß es mindestens so werden mußte, wie es ist.

Heute sehen wir von derartigen Vereinigungen nichts mehr; die Zeit liegt vielleicht viele Billionen von Jahren vor den ersten Spuren unseres menschlichen Geschlechts, als sich die Massen des Planetensystems in der geschilderten Weise ordneten; wahrscheinlich geschah dies durchweg noch in der Gaszeit, in dem Entwicklungsalter, da an Planeten im eigentlichen Sinne noch nicht zu denken war. Nur in den Gebieten der winzigen Planetoidenkörperchen ist vielleicht ein Zustand dauernder Ordnung noch nicht erreicht.

Die Dichtheit der Planeten, wie wir sie im II. Abschnitt kennen lernten, zeigt andere Zahlenverhältnisse, als die durchschnittliche Dichtheit der Gaskränze, aus denen die Planeten entstanden. Es ist oft als ein Räthsel und als im Widerspruch mit der Planetenabsonderungslehre stehend betrachtet worden, daß die Zentralmasse in der Mitte, nämlich die Sonne, bedeutend weniger dicht ist, als Merkur, Venus, Erde und Mars, während die vier großen Planeten wieder viel lockerer sind, als die vorgenannten. An der Hand unserer Zahlen auf Seite 101 erhält die Sache ein ganz anderes Aussehen. Wir finden da zunächst die Ringmasse des Neptun und des Uranus denen des Mars in der Dichtheit ungefähr gleich, während die Gasmassen des Jupiter und des Saturn zusammengenommen in der Dichtheit ungefähr denen von Erde, Venus und Merkur entsprechen. Die Sonnenmasse er-

scheint hier am allerdichtesten. Sobald sich nun die Gasmassen zu einzelnen Kugeln zusammenziehen, so kommen die eigentlichen Massengrößen zur Geltung: Es ergeben sich Kugeln von verschiedenster Größe und die sonnennäheren Kränze ergeben die kleinsten Planeten. Da sich ferner kleine Körper viel schneller abkühlen und verdichten, als große, so mußten die kleinen Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars zugleich die dichtesten werden, obgleich ihre ursprünglichen Dichtheitsunterschiede, wie die durchschnittliche Dichtheit selbst fast dieselben waren, wie bei den großen Planetenmassen außerhalb der Planetoiden. Umgekehrt blieben die großen Planetenmassen in der Zusammenziehung mehr oder weniger zurück, und auch die Sonne konnte wegen ihrer ungeheuren Größe trotz ihrer ehemals vergleichsweise so bedeutenden Dichtheit nicht in der gleichen Zeit so kalt und dicht werden, wie die Planeten; sie ist bis heute ein hellglühender Körper geblieben.

Die sonstigen geringen Abweichungen in der Dichtheit (z. B. daß der kleinere Saturn weniger dicht wurde, als der größere Jupiter, die größere Erde etwas dichter, als der viel kleinere Mars) müssen wir größtentheils auf Unterschiede in den zusammensetzenden Stoffen selbst oder auf die bei größeren Körpern stattfindende stärkere innere Pressung der Massen (vergl. Seite 146) zurückführen.

Wir haben gesehen: es liegt im Wesen der natürlichen Gesetze, in der Natur der Dinge, daß sich aus einer gasförmigen Masse von passender Größe ganz von selbst nach und nach der wundervolle Mechanismus eines Planetensystems, jene überraschende Uebereinstimmung der Umlaufsrichtungen, der Sonnendrehung, die Dauerhaftigkeit des ganzen Systems u. s. w. herausbilden muß. Ist eine gasige

Masse zu groß und ausgedehnt, um sich mehr einheitlich entwickeln zu können, so zerfällt sie in viele kleinere Massen und Stücke — es entsteht ein Sternhaufen, ein Sternensystem, wie unsere Milchstraßenwelt eins ist; jedes einzelne Stück aber bildet sich zu einem einfachen, doppelten oder mehrfachen Sonnensystem um. Wir dürfen wegen der Uebereinstimmung der spektroskopischen Wahrnehmungen und der Thatsache überhaupt, daß die Fixsterne fernstehende Sonnenkugeln sind, als ziemlich sicher annehmen, daß jeder Fixstern von einer Anzahl kleinerer Kugeln umkreist werde, von denen wir nur wegen der unermeßlichen Entfernung, die zwischen uns und diesen Sonnen liegt, nichts sehen können, und betrachten wir uns die blinkenden Sternchen am Himmel, so wollen wir daran denken, daß jedes von ihnen ein ähnliches Planetenrädchen sein mag, wie es unser Sonnensystem ist, ganz abgesehen von den Doppelsternen, deren Drehungen wir thatsächlich sehen.

Die Entstehung der Planeten stellt sich als eine Nebenwirkung im großen Abkühlungs- und Zusammenziehungsprozesse dar, gleichsam wie eine Spielerei der Materie, die sich erst in den kleinen, gewissermaßen mikroskopischen Verhältnissen des Weltalls, in den einzelnen Planetensystemen, einfindet, wo die ewige Bewegung des Stoffes erst zu einiger Lebhaftigkeit gelangt.

Der Urheber der Lehre, daß die Planeten aus der glühenden rotirenden Atmosphäre der Sonne, die bis über den Neptun hinaus reichte, sich niedergeschlagen und entwickelt haben, und zwar dadurch, daß sich Ringe ablösten, welche zerrissen und sich dann zu Kugeln umformten, war der schon mehrerwähnte berühmte französische Gelehrte Laplace[44]). Zur Laplace'schen Lehre („Auseinandersetzung des Weltsystems," Paris im Jahre IV [1796]) gehört noch

die Erklärung der Entstehung von Monden, welche um die Planeten laufen (ebenfalls durch Ringablösung; eine Wiederholung der Planetenbildung im Kleinen) und die Erklärung der Axendrehung der Planeten, sowie deren Uebereinstimmung in der Richtung mit den übrigen Bewegungen im Sonnensystem, wovon im nächsten Abschnitt die Rede sein wird.

Die hier gegebene Darstellung der Planeten-Entstehung weicht allerdings vielfach von Laplace's Lehre ab, wie ja überhaupt die heutige Kosmogonie in den einschlägigen Fragen über jenen großen Denker theilweise fortgeschritten ist. Daß sich das Planetensystem aber im Wesentlichen nach der Laplace'schen Lehre gebildet habe, scheint sich immer mehr über alle Zweifel zu erheben[45]. Nach einem angesehenen Astronomen der Neuzeit, dem schon genannten Dr. Klein in Köln, grenzt die Wahrscheinlichkeit der Laplace'schen Hypothese „nahe an Gewißheit" („Entwicklungsgeschichte des Kosmos", Braunschweig 1871, Seite 30) und ein anderer sehr geachteter Astronom unserer Zeit, der ebenfalls mehrfach erwähnte Amerikaner Newcomb, schreibt in seiner „Populären Astronomie" (Deutsch von Engelmann, Leipzig 1881) Seite 594 bezüglich der Gashypothese: „Die Vorgänge in der Natur in ihrem weitesten Umfange scheinen uns, wenn wir sie rückwärts verfolgen, auf sie allein zu führen, sowie die Art und Weise des Gehens einer Uhr uns zu dem Schlusse führt, daß sie einst aufgezogen wurde."

Wie lange es her ist, seit sich die Gasmasse unseres Sonnensystems sammelte und zu verdichten begann, kann wiederum nicht berechnet werden. Es fehlt für eine solche Rechnung fast jede Unterlage; wir wissen z. B. nichts über die anfängliche Hitze der Gasmassen. Nur soviel ist sicher, daß die erste Verdichtung und Ablösung in einer unbegreiflich fernen Vergangenheit geschah.

VI. Abschnitt.

Ausbildung der Sonne und der Planeten mit ihren Monden.

In der blendenden Gluth unserer Sonne sehen wir einen Rest von der ursprünglichen Hitze jener Gasmasse, aus welcher sie selbst und die Planeten nach unserer jetzigen wissenschaftlichen Erkenntniß entstanden sind. Man glaubte hin und wieder, daß die Sonne brenne, daß ihre Wärme eine Verbrennungswärme, ihre Gluth ein Feuer sei. Nach Klein würde die Sonne aber, selbst wenn sie ganz aus reiner Kohle bestände, in weniger als 16,000 Jahren (nach W. Thomson schon in 8000 Jahren) vollständig verbrannt sein. Daß Verbrennungsprozesse[46]) auf der Sonne stattfinden mögen, ist ja nicht ausgeschlossen, zumal wenn wir den Begriff der Verbrennung auf alle chemischen Prozesse ausdehnen, bei denen Wärme und Licht entwickelt wird. Wir werden im nächsten Abschnitt Gelegenheit haben, auf die Verbindungswärme in der Weltentwicklung noch etwas näher einzugehen. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß von Verbrennungsprozessen die Sonnengluth im Wesentlichen nicht herrührt, weil eine so jahrtausendelange Beständigkeit der Sonnenstrahlung, wie sie die Menschheit thatsächlich beobachtete, dann nicht möglich wäre.

Die Temperatur der jetzigen Sonne wurde von Vicaire, Violle, Langley, Pouillet u. A. zu 2000 bis 4000 Grad Wärme, von Crova zu 9000 Grad, von Rosetti zu etwa 10,000, von Zöllner zu 68,000 Grad ermittelt, während Secchi 5 bis 6 Millionen, Ericsson sogar zehn

Millionen Grad errechnete. Nach Secchi, Faye, Young u. A. ist die Sonne heute noch durchweg gasförmig. Ohne allen Zweifel ist dies mindestens für die oberflächlichen Massen der Sonnenkugel der Fall, während das Innere wegen des ungeheueren Druckes wahrscheinlich in einem flüssigkeitsähnlichen Zustande ist.

Die Sonne ist nach vorigem Abschnitt ursprünglich eine riesige Ansammlung von Gasmassen, bestehend aus Substanzen der verschiedensten Herkunft, aus niedergesunkenen Planetengasen, wie aus kometarischen Massen, die aus den fernsten Räumen herstammen, von dort, wo die Gebiete der Nachbar-Fixsternwelten beginnen. Von der Größe eines ausgedehnteren Gasballens, der anfänglich noch mit den umgebenden dünneren Planetengasen zusammenhing, zog sich die Sonne, allmälig dichter werdend bis auf den jetzigen Umfang zurück. Nach der Absonderung der verschwindend kleinen Massen des Merkur enthielt die Sonne keine Bestandtheile mehr, die so bedeutende Geschwindigkeiten führten, daß sie sich in einem weiteren Abstande hätten erhalten können, als in dem, welcher durch den inneren Widerstand der ungeheuren Hitze bedingt war. Das heißt: Die eigentlichen Sonnenmassen formten sich zuletzt zu einer gasigen Kugel, wie wir sie heute sehen.

Es scheint nicht unmöglich, daß im Sonnenkörper noch jetzt ein schwacher Anlauf zu einer Planetenabsonderung in Form einer oder mehrerer exzentrisch (außerhalb des Zentrums) nahe der Oberfläche schwimmenden und mit den übrigen Sonnenmassen umlaufenden dichteren Massen vorhanden ist, deren Dasein und Umlauf, in Uebereinstimmung mit unserer Hypothese von der Mitwirkung der Kometen bei der Planetenbildung, durch Sturz eines oder mehrerer Kometen in die Sonne in den jüngsten Zeitaltern hervorgebracht

worden sein könnte. In späteren Zeiten, wo sich die Sonne noch weiter verkleinert und verdichtet haben wird, bleibt diese vermuthete Masse dann vielleicht als jüngster Planet nahe der Sonne außerhalb derselben zurück, wenn sie bis dahin in ihrem allgemeinen Gluthmeer nicht aufgegangen oder durch weitere Kometenstürze erneuert oder ersetzt worden ist. Das jetzige Dasein einer solchen exzentrischen dichteren Masse könnte sich für die jetzigen Mittel der Beobachtung nur in Einflüssen der Anziehung auf die sonnennäheren Planeten, besonders auf Merkur verrathen. Bei letzterem Planeten ist in der That von Leverrier ein Einfluß, ausgehend von Massen, die um die Sonne laufen, in seiner Bewegung nachgewiesen worden.[47])

Die kolossale Sonnenmasse mußte zuletzt sehr genaue Kugelgestalt annehmen, so wie es in den mathematischen Gesetzen der Materie, in der Wirkung der Schwere begründet ist. Die Kugelgestalt der Sonne — und das gilt für alle Weltkörper — ist die Folge derselben Kraft, welche den kleinen Regentropfen zur Kugel formt, welche den Tropfen geschmolzenen Bleies die runde Gestalt giebt, wenn sie bei der Schrotfabrikation von 30 bis 50 Meter Höhe herab die Luft durchfallen. Auch bei den Ausbrüchen der feuerspeienden Berge (Vulkane) kann die kugelbildende Anziehung der Materie beobachtet werden. Es werden da zuweilen geschmolzene glühende Gesteinmassen, sogenannte Lava, hoch in die Luft geschleudert, die während des Aufsteigens und Niederfallens sich abrunden und als feste oder teigartigweiche glühende Kugeln, Lavabomben genannt, zur Erde kommen.

Der eigentliche Sonnenball ist von einer deutlich von ihm unterschiedenen glühenden, aber etwas kühleren, leichteren Gashülle, von den Sonnenforschern Chromosphäre geheißen,

umgeben, die schon Seite 16 erwähnt wurde. Diese Hülle, etwa 1000 Meilen dick, besteht hauptsächlich aus Dämpfen von Wasserstoff, Magnesium, Eisen, Titan, Natrium, Nickel und Barium, wahrscheinlich auch von Aluminium, Mangan, Kupfer, Zink, Silizium, Kalium, Kalzium, Wismuth, Kobalt, Chrom, Zinn, Blei und anderen Elementen. Auch Kohlenstoff und Sauerstoff glaubt man gefunden zu haben. Wir können nun von der Zusammensetzung der Chromosphäre auf die des Sonnen-Innern schließen und annehmen, daß alle jene Elemente auch zu den Bestandtheilen des eigentlichen Sonnenballs gehören. Welche Stoffe aber sonst noch in der Sonne enthalten sind und ob in ihrem gewaltigen glühenden Körper nicht vielleicht Elemente existiren, die auf und in der Erde ganz fehlen, das ist unbekannt. In den Gasen der Chromosphäre ist ein Stoff enthalten, der bisher unter unseren irdischen Elementen nicht bekannt war, das sogenannte Helium (Sonnenstoff). In der neuesten Zeit hat indessen Palmieri die helle gelbe Heliumlinie auch in dem Spektrum der Feuererscheinungen bei dem Vulkan Vesuv in Italien gefunden und es scheint, daß das Helium auch im Innern der Erde enthalten ist.

In flüssigen und gasförmigen Massen, welche ihre Wärme nach außen hin ausstrahlen, treten allerlei Strömungen auf, hervorgerufen durch den Wechsel in der Schwere der Massen. Die jeweilig etwas abgekühlten Massen sind gleichzeitig dichter und schwerer geworden und sinken unter, verdrängen dort befindliche dünnere Massen, die nun ihrerseits an die Oberfläche steigen und ihre Wärme an die kältere Umgebung abliefern. Darum giebt es auch auf der Sonne keine Ruhe, sondern allerlei Strömungen, deren Wirkungen in verschiedenen Erscheinungen zu Tage treten[48]. Der furchtbaren Hitze, wie auch der großen Schwere auf der Sonne

(an der dortigen Oberfläche 27 1/2 mal so groß als hier an der Erdoberfläche) entsprechen auch die Erscheinungen. Riesenhafte Ströme glühenden Wasserstoffgases, vermischt mit glühenden Gasen unbekannter Sonnenstoffe, z. B. des schon genannten Heliums, vielfach auch mit Magnesiumdämpfen, oft so groß, daß unsere ganze Erde, wie eine Blechkugel in dem Strahle einer Fontäne, darin mitgeführt werden könnte,

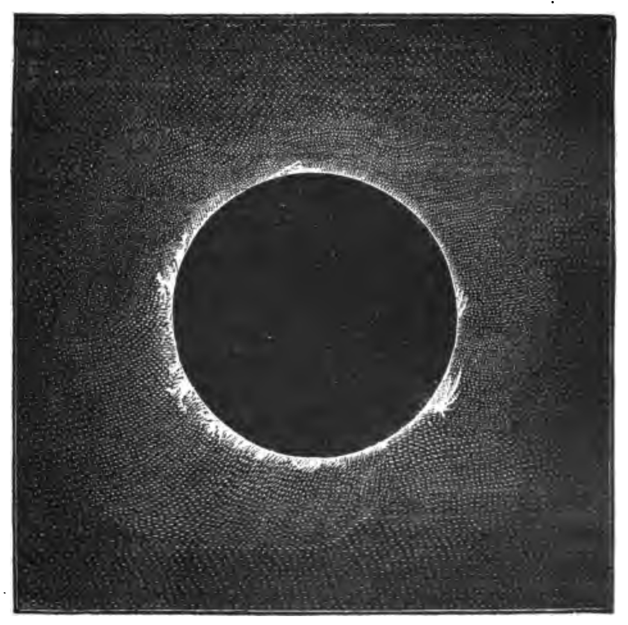


Abb. 22. Protuberanzen der Sonne während der totalen Finsternis vom Dezember 1871. (Nach M. J. Janssen.)

brechen aus dem Innern der Sonne bald hier, bald da, hervor, schießen mit Geschwindigkeiten von 60, 80 und mehr Meilen oft bis zu 20,000 Meilen empor, die verschiedensten feuerwerkartigen Gestalten, glühende Garben, gewächsartige

Formen, Wolken u. dergl. bildend. Es sind das die sogenannten Protuberanzen, von denen die Abbildung 22 eine Darstellung giebt. Daneben sieht man Anzeichen heftiger Wirbelbewegungen, Strömungen, besonders hellglühende verschlungene Massen und Streifen, die sogenannten Sonnenfackeln. Auch dunklere Stellen, die man Flecken nennt und von denen manche schon viel größer gewesen sind, als die ganze Oberfläche unserer Erde, werden auf der Sonne oft in großer Zahl gesehen. Der fleißige Sonnenbeobachter Schwabe bemerkte am 4. September 1850 einen Fleck, der sogar eine Ausdehnung von 716 Millionen Quadratmeilen, also des 80fachen der ganzen Erdoberfläche, hatte. Abbildung 23 giebt einen Begriff von dem Aussehen der Flecken und Fackeln.

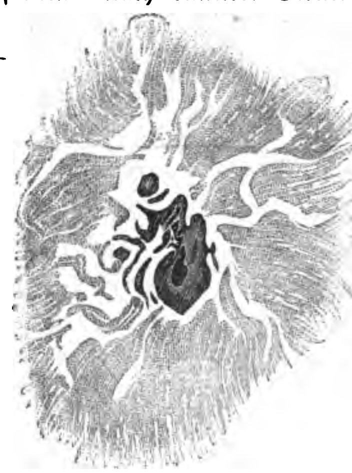


Abb. 23. Flecke und Fackeln auf der Sonne. (Nach Chacornac.)

Alle diese Erscheinungen sind nicht beständig, sondern sie wechseln in Gestalt, Größe und Lage, oft binnen wenigen Tagen und Stunden. In gewissen Jahren beobachtet man eine auffallend reiche Entwicklung solcher Erscheinungen auf der Sonne und zwar steigert sich dann dieselbe bis zu einem gewissen Grade, um sich nachher wieder zu verringern. Eine solche Lebhaftigkeit stellt sich immer wieder nach 7 bis 16 Jahren ein, meist in Perioden von etwa 11 Jahren. Es treten dann sowohl die Flecken und Fackeln, wie auch die Protuberanzen in größerer Zahl auf. Eine erschöpfende

und sichere Erklärung der Flecken und Fackeln weiß bis jetzt Niemand zu geben, wie überhaupt der Zustand der Sonnenmassen noch sehr unbekannt ist; die Sonnenfläche mit ihren Millionen Lichtpunkten, ihren Fackeln, Flecken, Wirbeln und Gasausbrüchen bietet zu viele der räthselhaften Erscheinungen und jede Erklärung für einzelne derselben kann nicht

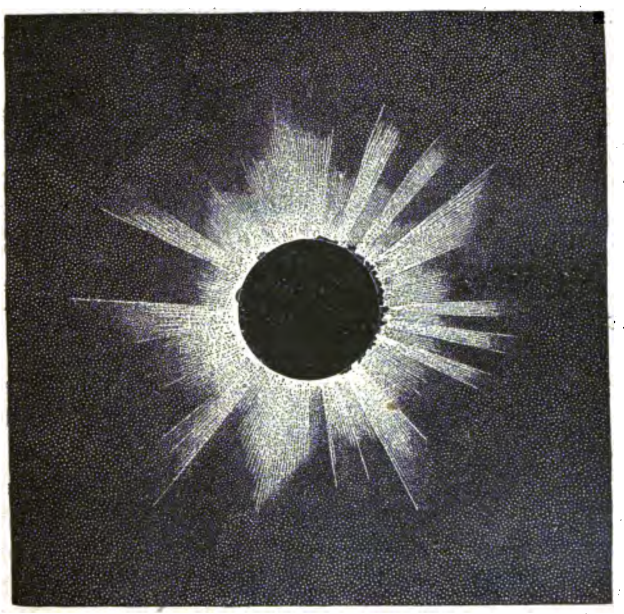


Abb. 24. Korona der Sonne während der totalen Finsterniß vom Dezember 1870.

ganz ohne Rücksicht auf die übrigen Erscheinungen aufgestellt werden. Mit Sicherheit läßt sich nur im Allgemeinen sagen, daß, abgesehen von den großartigen Gasausbrüchen der Protuberanzen, in den glühenden Gasmassen der Chromosphäre, welche die eigentliche hochglühende Sonnenkugel umhüllen, die heftigsten Strömungen, das Auf-

wirbeln von Wolken glühenden Dampfes, wie niedergehende regenartige Gluthwetter sich abspielen müssen und daß diese Vorgänge in irgend einer Weise mit dem Auftreten der beschriebenen ausgedehnten Erscheinungen zusammenhängen. Bemerkenswerth ist, daß uns nach neueren Untersuchungen von der Sonne um so weniger Wärme zufließt, je mehr ihre Oberfläche von Flecken bedeckt ist. Schon W. Herschel hatte einen solchen Einfluß der Flecken vermuthet.

Noch räthselhafter, als es die genannten Erscheinungen sind, ist der mildstrahlende weiße Lichtkranz um die Sonne, der bei totalen Sonnenfinsternissen[49]) sichtbar wird, die sogenannte Korona, die in Abbildung 24 dargestellt ist. Auch diese Erscheinung wechselt vielfach und Niemand weiß bis jetzt bestimmt, ob dieselbe ein äußerst dünnes Gas ist oder etwas Anderes.

Wir greifen jetzt nochmals zurück in die Vergangenheit, um uns die weitere Entwicklung der gesonderten Planetenmassen zu vergegenwärtigen.

Die einzelnen Planeten-Gasballen mußten mit abnehmender Hitze und fortschreitender Zusammenziehung eine Drehung um sich selbst erlangen und zwar mit derselben Richtung, in der sich auch die Sonne drehte und jetzt noch dreht, und das hat einen sehr einfachen mathematischen Grund: Vor der Zeit der Ablösungen der Planeten-Gasmassen war die Bewegung der ganzen Planetenscheibe, wie wir wissen, eine solche geworden, daß jeder Theil derselben in der gleichen Zeit auch denselben Bogenwinkel zurücklegen mußte, d. h. alle Massen hatten gleiche Winkelgeschwindigkeit. Jeder einzelne Theil bewegte sich dann so, wie in nachfolgender Abbildung durch die beiden ersten Stellungen einer Masse,

diese umlaufend gedacht, dargestellt ist. Es ist klar, daß die **äußeren**, weiter ab vom Mittelpunkt gelegenen Theile einer Gasmasse, welche um ein Zentrum läuft (so wie die gezeichnete Masse um z) einen größeren Weg zurückzulegen haben, als die **inneren**, wie man dies bei jedem Rade, welches sich dreht, beobachten kann, dessen einzelne Theile einen um so kleineren Weg beschreiben, je näher sie der Nabe sind; es besitzen also die **äußeren** Theile eines solchen Gashaufens auch eine größere Geschwindigkeit, als die inneren. Sobald sich nun die ganze Masse verkleinert, so müssen die äußeren Theile wegen ihrer größeren Geschwindigkeit die inneren **überholen** und daraus entsteht eine Drehung des Ganzen um sich selbst. Wir wollen uns dies noch genauer auf der Abbildung 25 klar machen.

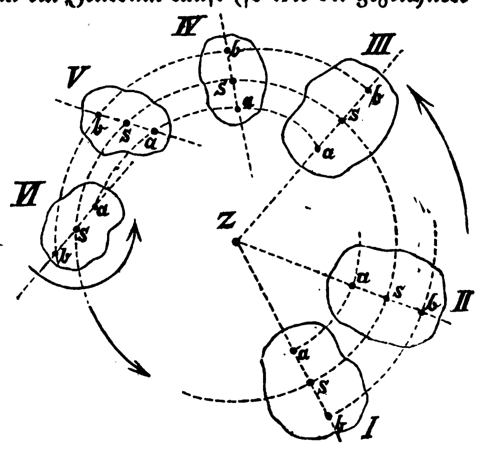


Abb. 25. Darstellung der Entstehung der Axendrehung einer Planetenmasse. (Original-Zeichnung des Verfassers.)

Wir denken uns, die in mehreren Stellungen gezeichnete Masse sei der vereinigte oder in der Vereinigung begriffene Gasballen unserer Erde oder eines anderen Planeten, und als Theil der ehemaligen Gas-Drehscheibe habe sie die Unveränderlichkeit ihrer Lage gegen das Zentrum z hin empfangen, wie es in den Stellungen I bis III dargestellt ist. Wenn sich nun dieser Gasballen zusammenzieht, verkleinert, die einzelnen Theile näher zusammenrücken, so

ändert sich deßwegen nicht auch die Geschwindigkeit der einzelnen Theile, sondern diese bleibt wie bisher. Zwei Punkte a und b, die wir uns in der Masse besonders anmerken, haben also (vermöge der Trägheit) auch nach der Zusammenziehung noch dieselbe Geschwindigkeit, die sie vorher hatten. Bei einer solchen Verkleinerung bleibt nun wohl der Schwerpunkt s in seiner bisherigen Umlaufsbahn, nicht aber bleiben die Theile a und b in der ihrigen; a muß mit seiner kleineren Geschwindigleit jetzt einen größeren Weg machen, als vorher, weil es weiter von z wegrückte, b einen kleineren, weil es näher an z herangekommen ist. Liefen die beiden Punkte bisher, vom Zentrum aus betrachtet, in einer Linie, so wird b nunmehr voran eilen, a zurück bleiben. Daraus entsteht ein Umlauf der Punkte a und b um den Schwerpunkt s und so auch eine Drehung der ganzen Masse, wie in den Stellungen III bis VI zu sehen ist. Je näher die verschiedenen Theile zusammenrücken, desto mehr tritt der Unterschied ihrer wahren Umlaufsgeschwindigkeiten hervor. Die Differenz der wahren Umlaufsgeschwindigkeiten der nach dem Zentrum gerichteten und der äußeren Theile in einem Gasballen bewirkt also mit eintretender Verkleinerung eine Umdrehung desselben um sich selbst, etwa in derselben Weise, als wie die Drehung eines Eisstuhles entsteht, den man auf der Eisfläche abstößt und dem man dabei an der einen Seite einen kräftigeren Stoß (und also eine größere Geschwindigkeit) ertheilt, als an der anderen.

Man kann sich auch aus der Zeichnung allein schon klar werden, wie aus dem Zusammenrücken von a und b und dem Beibehalten ihrer Geschwindigkeiten eine Drehung entstehen muß.

So erhielten die Planetenmassen nach den Gesetzen der

Mathematik und Mechanik nothwendig ihre Axendrehung. Es kommt zu diesem Resultat, zu einer Drehung während des Umlaufes, gleichviel, ob es ein bereits mehr geballter Gashaufen ist, der sich zusammenzieht, oder eine Menge einzelner miteinander um ein Zentrum ziehender Wolken, die sich dann vereinigen. Im letzteren Falle entsteht die Axendrehung der vereinigten Masse aus den einzelnen Drehungen aller der kleineren Wolken, aus denen sie sich, wie wir annahmen (vergl. Seite 103 und Abbildung 21), zusammensetzte, von denen nothwendig jede ihre Drehung in der oben geschilderten Weise erlangte. Drehen sich freibewegliche Körper in ein und derselben Richtung um sich selbst, so übertragen sie diese Drehung auch auf das Ganze, zu welchem sie sich vereinigen, wie man an zwei passenden auf Wasser und in Drehung gesetzten Holzklötzern beobachten kann.

Mit dieser Erklärung stimmen auch annähernd die Geschwindigkeitsverhältnisse der bekannten Axendrehungen überein. Je mehr die zusammengeballten Massen vorher auseinanderlagen, desto größer waren die Geschwindigkeits-Unterschiede, welche die Axendrehung der Gesammtmasse bewirkten, eine desto schnellere Axendrehung mußte die letztere erhalten. So finden wir, daß sich der kleine Mars in 24⅔ Stunden, unsere Erde, wie bekannt, in 24, Venus und Merkur wahrscheinlich (noch nicht ganz gewiß) ebenfalls in etwa 24 Stunden, dagegen die ungeheueren Planeten Jupiter und Saturn schon, wie es scheint, in 9 bis 10 Stunden einmal um sich selbst drehen. (Bei Uranus und Neptun konnte über die Axendrehung noch Nichts festgestellt werden.)

Man kann ferner aus der Zeichnung leicht ersehen, daß die Richtung der Axendrehungen mit der der Umlaufsbe-

wegung selbst übereinstimmen mußte und daher ebenso mit der Richtung der Sonnendrehung.

Jede einzelne Planetenmasse entwickelte sich nothwendig genau oder ähnlich so im Kleinen, wie früher das ganze Sonnen- und Planetensystem: Die Masse wurde von einem gewissen Stadium der Verdichtung ab zunächst in der Richtung der Drehungsaxe flacher, Zipfel und Ausläufer lösten sich ab, später ganze Ringe oder Kränze, aus denen sich die Monde formten. Die großen Restmassen in den Mitten bildeten im weiteren Verlaufe die eigentlichen Planeten.

Wir treffen bei den einzelnen Planetenwelten eine ähnliche Uebermacht der Hauptkörper über ihre Monde, wie sie im ganzen Planetensystem die ungeheuer übermächtige Sonnenkugel über die Planeten besitzt. Dies führt zu dem Gedanken, daß auch bei den einzelnen Planetenballen die entstehende Axendrehung keine so allgemeine gewesen sein wird, wie man zuerst annehmen möchte. Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß (nach Seite 103 u. f.) die einzelnen Planeten-Gasballen aus dem Zusammensturz und der Vereinigung vieler einzelner um das Sonnenzentrum ziehender Stücke, gleichsam unter Zusammenwerfen vieler Theile von allerlei Richtungen her entstanden sein werden, so kommen wir leicht zu der Vorstellung *einer bedeutenden Zersplitterung der inneren Bewegungen*, eines ähnlichen Widerstreits von Bewegungen und Strömungen, wie er vorher bei der Gesammtmasse des Planetensystems bestanden haben wird. Daraus mußte eine ebensolche Ansammlung, ein überwiegender Hauptkörper entstehen, wie bei der vorhergegangenen Entwicklung des Ganzen. Ja es konnte geschehen, daß sich überhaupt *gar keine* Mondmasse um-

laufend erhielt, sondern daß alle Materie zum Planeten niedersank. Alsdann entstand ein Planet ohne Mond, wie Merkur und Venus welche sind. Je nach dem Grade der Zersplitterung mußte auch das Größenverhältniß der Monde zu ihren Planeten verschieden ausfallen. Während z. B. die Masse unseres Mondes 1/80 der Erdmasse ist, beträgt die Masse aller vier Monde des Jupiter zusammen noch nicht 1/5000 der Masse ihres Planeten.

Die Vorstellung, daß die Planetenmassen aus der Vereinigung vieler einzelner Gaswolken hervorgegangen seien, wie wir Seite 103 u. f. betrachtet haben, giebt uns auch die Erklärung für die bedeutenden Abweichungen der meisten Mondbahnebenen von der allgemeinen Bahnebene des Planetensystems. Unser Erdmond, wie die Monde des Jupiter, dann — in geringerem Grade — die Monde des Mars und Saturn, halten sich bei ihrem Umlaufe ja noch annähernd in der allgemeinen Umlaufsfläche, aber die Bahnen der vier Monde des Uranus und die des Neptunmondes zeigen gar keine Uebereinstimmung. Während die Bahnen der Uranusmonde fast 100 Grad gegen die allgemeine Bahnfläche des Planetensystems geneigt sind, also auf letzterer nahezu senkrecht stehen, läuft der Neptunmond gar mit einer Bahnneigung von 146 Grad um seinen Hauptkörper; diese fünf Monde erreichen also eine solche Neigung, daß sie fast als rückwärts laufend erscheinen. Solche Abweichungen sind nun sehr natürlich und erklärlich, wenn die einzelnen planetarischen Massen aus der Vereinigung von vorher gesondert umlaufenden Gasbällen und Dampfwolken hervorgegangen sind. Würden solche Abweichungen im Sonnensystem ganz fehlen, so wäre dessen natürlicher Ursprung viel schwerer zu erkennen, als es so der Fall ist.

Derselbe Grund, der für die Abweichungen der Mond-

bahnen anzuführen ist, kann auch für die Schiefstellung der Planetenaxen angeführt werden. Wie bekannt, steht die Erdaxe schief auf der Ebene ihrer Bahn; dasselbe ist nun auch bei den anderen Planeten, soweit die Stellung ihrer Drehungsaxen astronomisch ermittelt werden konnte, der Fall. Die Axe des Mars weicht von der auf der Ebene der Erdbahn (Ekliptik) stehenden senkrechten Richtung etwa 26 Grad, die des Jupiter 3 bis 4 Grad (also sehr wenig), die des Saturn ungefähr 27 Grad ab. Unter der Annahme, daß die Planetengasballen aus ausgedehnteren Gaswolken und Wolkenkränzen, die einst um die Sonne zogen, entstanden sind, müßte es als ein wahres Wunder betrachtet werden, wenn die Axen genau senkrecht auf der allgemeinen Bahnebene ständen.

Aus derselben Annahme lassen sich vielleicht auch ohne Schwierigkeit die sonstigen Regelwidrigkeiten bei unseren Planeten und Monden erklären, wie z. B., daß der innere Marsmond schneller umläuft, d. h. in kürzerer Zeit (nämlich in 7⅔ Stunden) einen Umlauf vollendet, als sein Hauptkörper eine Axendrehung, oder wie die merkwürdig große Umfangsgeschwindigkeit des Saturn, die noch um ungefähr 1/20 Meile (pro Sekunde) größer zu sein scheint, als seine Geschwindigkeit im Laufe um die Sonne. Betrachten wir alle diese kleinen Abweichungen zusammen mit den Ungleichheiten der Massen der Planeten, der Zersplitterung der Planetoiden u. s. w., so kommen wir zu dem Ergebniß, daß sich die Planetenwelten keineswegs bis in's Einzelne genau nach einer Schablone entwickelten, ein Ergebniß ganz im Sinne einer Anschauung, welche von aller übernatürlichen Planmäßigkeit absieht und die in der Weltentwicklung nichts Anderes als das blinde nothwendige, planlose Walten von Naturkräften und Naturstoffen

erblicken kann. Diese Abweichungen und Regelwidrigkeiten können, wie es scheinen will, auf keine andere Weise besser erklärt werden, als durch die Annahme, daß einst viele einzelne Ringstücke und Gasballen um die Sonne zogen, die sich dann zu einzelnen größeren Ballen vereinigten.

Bezüglich des inneren Marsmondes hat vielleicht Alexander in New-York Recht mit seiner Vermuthung, daß dieser Mond früher einer der vielen kleinen Planetoidenkörper gewesen, der, in zu große Nähe des Mars gerathen, von diesem annektirt und zur Begleiterschaft gezwungen worden sei. Indessen, solche und ähnliche Hypothesen werden sich vielleicht nie mit Sicherheit beurtheilen lassen.

Eine merkwürdige Abweichung von den sonstigen Gestaltungen in unserem Sonnensystem stellen die Ringgebilde des Saturn (Abbildung 26) dar, die schon Seite 22 besprochen wurden. Die Ringe dieses Planeten bestehen nach den jüngsten Forschungen aus unzählig vielen einzelnen kleinen Körpern, die als kleine Monde mit großer Geschwindigkeit um die Saturnkugel laufen. Wir dürfen in diesen Ringen beinahe einen augenfälligen Beweis sehen dafür, daß ringförmige Mond-Gasmassen sich thatsächlich einstmals um die Planeten bewegt haben, wenn wir annehmen, daß die einzelnen jetzt getrennten Theile dieser Ringe vor Zeiten als Gase miteinander zusammenhingen. Was für Ursachen es waren, die hier eine Zusammenballung der Ringmassen zu einzelnen wenigen Monden gehindert haben, das ist nicht leicht zu ermitteln. Bis jetzt ist die Frage noch nicht beantwortet. Möglicherweise entstand der Schwarm kleiner Körper hier aus dem gleichen Grunde, als aus dem nach Seite 100, 102 und 113 die Planetoiden entstanden sein mögen: Wegen zu großer Dünnheit der Gase war auch hier vielleicht der Zusammenhang ein so geringer, daß eine

Unzahl kleiner Verdichtungsstellen sich bilden konnten. Jedenfalls fordert das System des Saturn noch weiterhin zu den für die Kosmogonie wichtigsten mathematischen und mechanikalischen Untersuchungen auf.

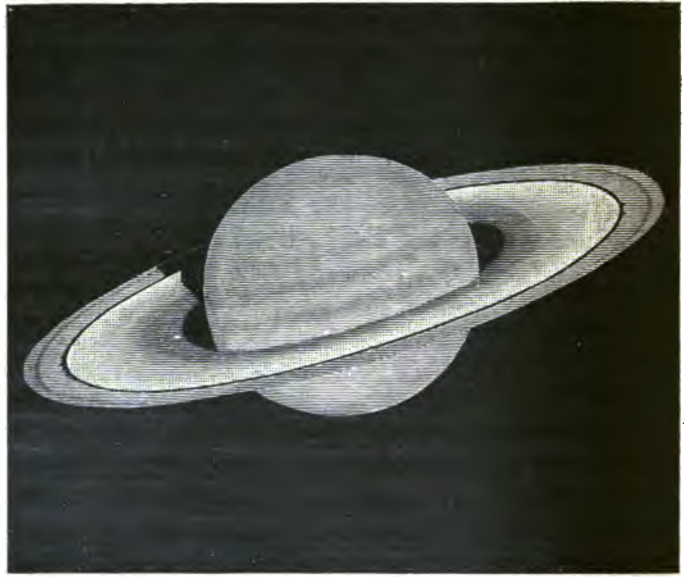


Abb. 26. Der Saturn mit seinen Ringen. (Nach Trouvelot 1875.)

Wie sich die Planeten und unser Mond, wie auch die übrigen Monde zu festen Kugeln mit erdiger Oberfläche entwickelten, das werden wir ausführlicher bei unserer Erde erfahren, denn wir können annehmen, daß die übrigen Planeten und die Monde sich im Großen und Ganzen gleich unserer Erde bildeten, wobei wir nur zu berücksichtigen haben, ob andere Einflüsse, und welche, bei der Entwicklung der übrigen Körper unseres Sonnensystems, herrührend z. B. von anderer Entfernung von der Sonne,

anderen Größenverhältnissen, anderer Dichtheit u. dergl. wirksam gewesen sind.

Waren die Weltkörper ehemals glühende Gasmassen und strahlten sie ihre Wärme nach und nach in den Weltraum hinaus, dann machten sie auch alle ein Stadium durch, in welchem sie, wie noch jetzt unsere Sonne, als Kugeln strahlten und leuchteten, nachdem sie sich soweit verdichtet hatten, daß die kugelbildende Schwere zur vollen Wirksamkeit gelangen konnte. Man kann dieses Stadium das Sonnenzeitalter der Weltkörper nennen. Der vor Kurzem verstorbene, den Astronomen wohlbekannte Physiker Zöllner (geb. 1834) unterschied in der Weltkörper-Entwicklung fünf Hauptperioden: 1. die Periode des glühend-gasförmigen Zustandes, 2. die Periode des glühend-flüssigen Zustandes, 3. die Periode der Schlackenbildung oder der allmäligen Entwicklung einer kalten nicht leuchtenden Oberfläche, 4. die Periode der Eruptionen (Ausbrüche) oder der gewaltsamen Zersprengung der kalten und dunkeln Oberfläche durch die innere Gluthmasse, 5. die Periode der vollendeten Erkaltung.

Wegen der gut begründeten Annahme, daß die Sonne jetzt noch, mindestens in bedeutenden Massen von der Oberfläche an bis tief ins Innere hinein, aus glühenden Gasen besteht, empfiehlt es sich, die Zöllner'sche erste Periode in zwei Perioden zu theilen: 1. die der Formlosigkeit der glühenden Gasmassen bis zu ihrer letzten Zertheilung und Annäherung der einzelnen Theile an die Kugelform, und 2. die Periode der Kugelform während des Gaszustandes der glühenden Oberflächenmassen bis zum Flüssigwerden derselben. Hiernach wäre die erste Periode der Weltentwicklung das Zeitalter der eigentlichen unregelmäßigen Gas- und Wolkenform, während die letzte Zeit der ersten

Periode Zöllner's zusammen mit seiner zweiten, dritten und vierten Periode das Zeitalter der Sonnenform, die Sonnenzeit genannt werden kann.

Die Periode der Sonnenzeit verlief bei den Planeten zweifellos bedeutend rascher, als es bei der ungeheuren Sonne selbst der Fall ist. Von zwei glühenden Kugeln, die verschiedene Größe haben, kühlt sich die kleinere entsprechend schneller ab, als die größere und so dürfen wir uns nicht wundern, die Planeten, z. B. unsere Erde, schon mit kaltem Boden, mit Schlacken und Produkten der Abkühlung bedeckt zu finden, während die Sonne noch heute in vollstem Glanze strahlt. Unsere Erde ist allem Anschein nach inwendig jetzt noch rothglühend und flüssig, also geschmolzen, worauf wir im nächsten Abschnitt zurückkommen werden. Bei den großen Planeten Jupiter, Saturn u. s. w. muß der Abkühlungsprozeß wegen der Größe dieser Körper noch ungleich weiter zurück sein, als bei den kleinen. Die neueren Beobachtungen und Forschungen haben es auch wahrscheinlich gemacht, daß wenigstens Jupiter und Saturn auch äußerlich noch dunkel glühen und schwach leuchten. Besonders gilt dies vom Jupiter, dessen Helligkeit in gewissem Grade unabhängig von der Beleuchtung durch die Sonne erscheint. Manche Astronomen, wie Proctor, halten sogar dafür, daß die röthlichen Flecke und Färbungen, die auf dem Jupiter oft gesehen werden, nichts Anderes seien, als glühende, durch die Wolkenatmosphäre durchschimmernde Oberflächen der eigentlichen Jupiterkugel.

Die zweifellos bedeutende Hitze des Jupiter ist zu ermessen aus den überaus heftigen Bewegungen seiner Oberflächenmassen. Die Jupiteroberfläche zeigt dunkle und helle wolkenartige, oft um die ganze Kugel herumlaufende Streifen, Fleckenzonen und Wolkenkränze. Diese Gebilde sind nun

so veränderlich nach Lage und Gestalt, daß das Bild des Planeten, im Fernrohr betrachtet, sich fast von einer Nacht zur anderen verändert. Ganz anders, als bei unserem kleinen Nachbarplaneten Mars, von dessen Oberfläche mit ihren helleren und dunkleren Gebilden die Astronomen schon ziemlich ausführliche und dauernd giltige Karten gezeichnet haben, lassen sich vom Jupiter keine Abbildungen nehmen, welche für immer giltig wären. Die Oberfläche des Jupiter sieht mehr wie eine in heftigen Bewegungen und Strömungen begriffene Wolken- und Dampfmasse aus, als wie etwa festbegrenzte Länder und Meere, die nur zeitweise von Wolken bedeckt sind. Wir müssen annehmen, daß die Oberfläche der Jupiterkugel bis zu großer Tiefe nur aus heißen Dämpfen und Nebelwolken besteht und daß sie für Wesen, die uns in der körperlichen Zusammensetzung und Beschaffenheit ähnlich sind, noch nicht bewohnbar ist. Vielleicht ist das einmal in vielen Millionen von Jahren der Fall, wo sich der ganze Körper des Jupiter bis zur Erträglichkeit abgekühlt haben wird.

Der Saturn scheint sich in einem ähnlichen Zustande als wie Jupiter zu befinden. Auch hier giebt es Streifen und Flecke, die sich verändern, was indessen äußerst schwierig und seltener genau festzustellen ist, als beim Jupiter, weil der Saturn viel weiter von uns entfernt läuft, viel kleiner und schwächer erscheint, als ersterer. Im Jahre 1876 erschien ein großer hellglänzender Fleck von 2000 bis 3000 Meilen Durchmesser, der nach Newcomb aussah wie eine aus dem Innern hervorgebrochene weißglühende Masse. Dieser Fleck zog sich alsbald zu einem langen Streifen auseinander und wurde später immer matter. Auch der Saturn ist von einer Dampfatmosphäre umgeben und wenn wir berücksichtigen, wie ungemein locker die Ober-

flächenmassen des Planeten sein müssen (da doch der ganze Saturnkörper durchschnittlich noch lange nicht so dicht wie Wasser ist), so müssen wir annehmen, daß auch der Saturn von ungeheuren Schichten heißer Dämpfe umgeben und daß ein etwaiger fester oder flüssiger Kern viel kleiner sein mag, als sich die Kugel des Planeten unseren Blicken darstellt.

Ueber die jetzige Beschaffenheit der beiden äußersten großen Planeten Uranus und Neptun ist noch nichts zu erkennen gewesen; man sieht nichts Deutliches von Flecken und Veränderungen, weil diese Weltkugeln zu weitab von uns ihre Bahnen ziehen. Atmosphärische Hüllen sind indessen auch bei ihnen zweifellos vorhanden.

Dagegen ist für den kleinen Mars ziemlich sicher festgestellt worden, daß er eine gegliederte und dauernde Oberflächengestaltung besitzt, ähnlich wie unser Erdball; ja manche Forscher halten die dunkleren Partien bestimmt für Meere, die helleren für Landflächen. Ferner fallen an den Polen des Mars weiße, etwas veränderliche Flecke auf, die man für solche Eisgefilde hält, wie die in den Polargegenden unserer Erde.

Alle diese Beobachtungen, sowohl die vom Mars, als auch die von den großen vorbesprochenen Planeten, stehen im besten Einklange mit der Annahme, daß sich diese Welten aus glühenden Massen entwickelten, denn kleine Planeten, wie Erde und Mars, werden sich eher abgekühlt haben und zu einer gewissen Starrheit und Festigkeit der Oberfläche und Reinheit der Atmosphäre gelangt sein, als sehr große, sofern alle diese Körper einen gemeinsamen und ungefähr gleichzeitigen Ursprung besitzen. Ueber die Oberflächenzustände von Venus und Merkur ist freilich nichts Sicheres bekannt, ähnlich wie bei den beiden fernsten Pla-

neten. Jene beiden Körper sind wieder zu nahe bei der Sonne, zu grell beleuchtet und stehen meist zu ungünstig, um sie ausreichend besichtigen und mit dem Spektroskop prüfen zu können.

Fragen wir nach der Bewohnbarkeit der Planeten für Menschen und Thiere unserer Art und Einrichtung, so kommen nach dem Angeführten neben unserer Erde nur die Planeten Merkur, Venus und Mars in engeren Betracht. Der Merkur aber ist wiederum von vornherein auszuschließen, da auf diesem wegen der großen Nähe der glühenden Sonne eine mittlere Jahreshitze von vielleicht über 200 Grad herrschen mag, eine Hitze, bei welcher das Zinn schmilzt. Bei uns auf der Erde erhalten die heißen Tropenflächen Afrikas und Brasiliens kaum mehr als das Doppelte der jährlichen Wärme, welche die eisigen Erdgegenden, wo Eskimos und Seehunde wohnen, von der Sonne empfangen. Der Unterschied in der Zufuhr der Wärme ist also eigentlich nicht bedeutend. Nun ist aber die mittlere Jahrestemperatur auf den gemäßigten Zonen der Venus sicher mehr als das Doppelte, auf denselben Zonen des Mars noch nicht die Hälfte der Temperatur, die wir hier auf der Erde in Europa haben. Hiernach müssen wir schließen, daß die einzige Möglichkeit von menschlicher oder thierischer Existenz auf der Venus in ihren Polargegenden, auf dem Mars auf seinem Aequator sich finden mag, vorausgesetzt, daß das unumgänglich nothwendige Wasser, die Luft, der Kohlenstoff und die übrigen Elemente auf jenen Planeten nicht fehlen.

VII. Abschnitt.

Die Sonnenzeit der Erde.

Die Mehrzahl der Geologen von heute geht von der Annahme aus, daß die Erde in einer fernen Vorzeit ein glühendflüssiger Körper gewesen sei. Es ist das dieselbe Lehre, welche schon unübertreffliche Männer der Vergangenheit, wie Newton, Leopold v. Buch (geb. 1774), Alexander v. Humboldt (geb. 1769) und Andere vertreten haben. So befindet sich auch die geologische Wissenschaft mit unserer Lehre von einem glühend-gasförmigen Ursprunge der Weltkörper in sehr guter Uebereinstimmung. Doch hat die Geologie als besondere Wissenschaft auch noch ihre besonderen Beweisgründe, deren wichtigste wir zunächst betrachten und auf ihren Werth prüfen müssen.

Alexander v. Humboldt sagt im ersten Bande seines „Kosmos“ (Stuttgart 1845), die Gestalt der Erde sei ihre Geschichte. Dieser Gedanke des berühmten Gelehrten, der wahrscheinlich von Newton zuerst ausgesprochen worden ist, bezieht sich auf die schon früher erwähnte schwache Abweichung der Gestalt der Erde von der genauen Kugelform. Die Erde mißt über den Aequator[50]) im Durchmesser ungefähr 1719 Meilen, etwa 6 Meilen weniger vom Nordpol zum Südpol; sie erscheint also in der Richtung der Axe ein wenig breit gedrückt, am Aequator schwach ausgebaucht. Man führt nun den Unterschied zwischen Polar- und Aequator-Durchmesser, Abplattung genannt, gewöhnlich als

einen Hauptbeweis dafür an, daß der Erdkörper ehemals durch und durch flüssig oder mindestens weich gewesen sei, so etwa, wie man aus der unrunden gedrückten Form eines thönernen Topfes schließen kann, daß derselbe zur Zeit seiner Formung sich in weichem Zustande befunden habe. Unter der Zentrifugalwirkung der Axendrehung mußte sich die Erde, sofern sie ein weicher Körper war, etwas am äquatorialen Umfange ausbauchen, an den Polen zusammenziehen, denn die Zentrifugalkraft vermindert das Gewicht der Massen, und zwar um so mehr, je schneller dieselben sich umschwingen. Das ist nun am Aequator am meisten der Fall. Aus diesem Grunde ist jeder Körper, jeder Gegenstand auf dem Aequator ungefähr um den 289sten Theil seines Gewichts leichter, als auf den Polen der Erde. Das größere Gewicht der Erdmassen um die Pole mußte nun dieselben etwas mehr gegen den Mittelpunkt der Erde nieder ziehen und zugleich die Massen des Aequators etwas über die Fläche der genauen Kugelform hinausdrängen und so mußte die Ausbauchung am Aequator, die Ungleichheit der Durchmesser entstehen, deren Betrag entsprechend der Gewichtsverminderung ebenfalls ungefähr $^1/_{289}$ beträgt. Auch bei den Planeten Jupiter und Saturn konnte eine Abplattung gefunden werden, und zwar ist sie ganz entsprechend der raschen Rotation dieser Planeten sehr groß. Der Jupiter mißt von Pol zu Pol ungefähr $^1/_{17}$, der Saturn sogar $^1/_9$ weniger, als über den Aequator. Auch die Sonne und die übrigen Planeten haben zweifellos eine Abplattung; doch reichen zu deren Messung die jetzigen Mittel der Astronomie nicht aus.

Aber gerade die Abplattung kann nicht als Beweis für eine ehemalige Weichheit und Flüssigkeit der ganzen Erde gelten und zwar darum nicht, weil die Erde auch

jetzt so weich und bildsam ist, daß sie unter der Wirkung der Axendrehung eine Ausbauchung am Aequator erhalten und die genaue Kugelgestalt verlieren müßte, wenn es noch nicht der Fall wäre. Selbst wenn die Erde durch und durch so starr wäre, wie die Massen der Oberfläche es sind, so würde sich die Kugelgestalt nicht erhalten können. Je größer ein fester Körper ist, desto geringer im Verhältniß zu seiner Größe ist seine Festigkeit und Steifheit. Ein Stück Mauerwerk von einigen Fuß Durchmesser, mit einem guten Bindemittel versehen, ist eine zusammenhängende starre Masse; aber ein gemauerter hoher Fabrikschornstein besitzt als Ganzes einen so geringen Zusammenhang, daß er von einem kräftigen Winde abgebrochen werden kann. Eine fußdicke eiserne Welle erscheint in den gewöhnlichen Längen außerordentlich starr und steif; würde aber eine solche Welle als Ring um die ganze Erde reichen, so würde sie als Ganzes noch vielmal biegsamer wie Bindfaden erscheinen. Allen Unebenheiten der Erdoberfläche, den Gebirgen, wie den großen Thalmulden würde sie sich auf's Beste anschmiegen; von einer Starrheit oder Steifheit wäre keine Rede. Eine Eisenstange, welche an einem Ende aufgehängt wird, zerreißt schon infolge ihres eigenen Gewichts, wenn sie nur ⅔ Meilen lang ist, nicht anders, wie eine Nudel von weichem Teig. Kein Thurm könnte aus Ziegelmauerwerk höher erbaut werden, als 1800 bis 2000 Meter, keine Säule aus dem festesten Sandstein höher als eine halbe Meile, weil die untersten Schichten sonst wie Brei zerdrückt und unter dem Bau hervorgequetscht werden würden.

Bei gehöriger Würdigung aller dieser Gründe können wir auch die Erdmassen als Ganzes nicht als fest, starr und unbiegsam ansehen, und wären sie im Kleinen so fest

wie Stahl, was sie doch nicht sind. Ja wir müssen sagen, daß bei der Materie für die Ausdehnungen, welche die Weltkörper aufweisen, alle Festigkeit und Starrheit aufhört, daß der Gesammtzustand eines Weltkörpers stets eine Art Flüssigsein und Weichsein ist und zwar um so mehr, je größere Ausdehnung der Körper besitzt. Die Wellenbewegungen der Erdkruste, welche im Gefolge der Erdbebenstöße — von denen noch gesprochen werden wird — auftreten, sind ein Beleg hierfür.

Einen kaum besseren Beweisgrund für die ehemalige Flüssigkeit der Erde, geschweige einen unumstößlichen, giebt der wichtige Umstand, daß die schwersten und dichtesten Stoffe im und um den Mittelpunkt der Erde lagern. Bei der Erde fällt nämlich Schwerpunkt und Mittelpunkt zusammen, denn an allen Stellen der Erdkugel hängt der Faden eines Lothes hinreichend genau in der Richtung nach ihrem Mittelpunkt und auch überall in derselben Richtung fallen losgelassene Körper gegen den Erdboden. Auch die Axe, um welche sich die Erde dreht, geht durch den Mittelpunkt. Die Axe eines frei rotirenden Körpers geht aber stets durch den Schwerpunkt. Ein hölzerner Kreisel z. B., in welchen man einen schweren Nagel einseitig eingeschlagen hat, schleudert beim Tanzen, denn durch den Nagel ist der Schwerpunkt des Kreisels aus der Mittellinie verrückt. Sonach muß der Schwerpunkt der Erde sehr genau in ihrem Mittelpunkt liegen. Nun sind aber die einzelnen Massen der Erde sehr verschieden in der Schwere; die Erde ist, wie wir wissen, durchschnittlich etwas mehr als 5½ mal so schwer als Wasser, während alle Erdmassen der uns zugänglichen Oberfläche durchschnittlich nur 2½ mal (mittlere Dichtheit nach den Berechnungen von Airy und Haughton)[51]) so schwer sind. Daraus folgt auch, daß die Erde im Innern

umgekehrt viel schwerer sein muß, als das $5\frac{1}{2}$fache des Wassergewichts beträgt. Alle diese so ungleich schweren Massen müssen sich aber ganz nach ihrer Schwere sehr regelmäßig in der Erde vertheilt haben, weil ja sonst der Schwerpunkt nicht im Mittelpunkt liegen könnte, und wahrscheinlich haben sich die schwersten Stoffe (durchschnittlich etwa so schwer wie Wismuth und Silber, 10- bis 11mal so schwer als Wasser) im Mittelpunkt selbst angesammelt. Solch eine Ordnung, eine so regelmäßige Schichtung mußte sich herstellen, wenn die ganze Masse der Erde einst flüssig gewesen ist; die schwereren dichteren Massen mußten sich dann um den Mittelpunkt, die leichteren näher der Oberfläche und an dieser versammeln. Aber es ist nicht aus dem Auge zu lassen, daß die regelmäßige Steigerung der Erddichtheit bis zum Mittelpunkt möglicherweise auch schon durch den ungeheuren Druck der Erdmassen allein herbeigeführt werden kann. Dieser Druck muß sich bis zum Mittelpunkt rechnungsgemäß ungewöhnlich steigern. Nach Lipschitz beträgt der Druck auf jeden Quadratzentimeter in der Tiefe von $\frac{1}{2}$ des Halbmessers der Erde etwa 69,000 Zentner, im Erd-Mittelpunkt selbst gar ungefähr 114,000 Zentner. Bei so bedeutenden über alle Begriffe gehenden Belastungen mußten die mittelsten Massen der Erde auch die größte Pressung und Verdichtung erfahren, selbst wenn sie ursprünglich ganz leicht und locker gewesen wären.

Das Zusammenfallen von Mittelpunkt und Schwerpunkt der Erde würde von diesem sehr begründeten Gesichtspunkte aus gar nichts für die Annahme ehemaliger Flüssigkeit der Erdmassen beweisen.

Die Geologie besitzt aber andere unzweideutige Beweise für diesen Zustand und zwar für die einstige Gluthflüssigkeit der Erde.

Ein Hauptgrund dafür ist die von Niemand bezweifelte, noch jetzt im Innern der Erde herrschende Hitze. Je tiefer man in die Erde hinabgräbt, desto größer wird die Wärme, wie bisher überall ohne Ausnahme in Bergwerken und Bohrlöchern festgestellt wurde. Die Zunahme der Wärme beträgt etwa 1 Grad auf je 30 Meter Tiefe; dementsprechend müssen sich in der Tiefe von etwa 4 bis 6 Meilen alle Erdmassen in heller Rothgluth befinden. Der Mensch ist nun freilich noch nicht sehr weit in die Erde hinabgedrungen; die größte Tiefe, die man erreichte, sind meines Wissens die 1300 Meter des Bohrloches bei Sperenberg. Allein es giebt auch noch andere Zeichen der gewaltigen innerirdischen Hitze. Die Oberfläche der Erde trägt eine große Anzahl sogenannter feuerspeiender Berge oder Vulkane (nach Bernhard v. Cotta sind es Tausende, nach Pfaff mindestens 500) von verschiedener Höhe, die durch Spalten oder Kanäle, die sogenannten Kraterschlünde (l. Abbildung 27) mit den Tiefen der Erde in Verbindung stehen, aus welchen Oeffnungen zuweilen ungeheuer große Massen von glühendflüssigen Mineralien von mindestens 2000 Grad Hitze, auch glühende Steine, Dämpfe und Gase ausgestoßen werden. Die ausgestoßenen glühendflüssigen Massen, Lava genannt, erreichen oft 10-, 50- und 100,000 Millionen Zentner an Gewicht und sind so bedeutend, daß ganze Ortschaften und Landflächen davon bedeckt werden können. Der Ausbruch des Vulkans Skaptar-Jökul auf der Insel Island im Jahre 1783 lieferte sogar eine Lavamasse, deren Gewicht auf etwa 2 Billionen 90,000 Millionen Zentner geschätzt wurde. Um einen Begriff von dieser Masse zu geben, sei bemerkt, daß man aus derselben, als Ziegelstein-Mauerwerk gedacht, so viel Wohnhäuser erbauen könnte, daß die ganze Bevölkerung des Deutschen Reiches etwa 230mal darin unterzubringen wäre, denn

man könnte von jener Masse über 418 Millionen mittlere dreistöckige Häuser bauen, ein jedes zu rund 5000 Zentner Gewicht angenommen. Die Massenhaftigkeit der ausgeworfenen Lava spricht sich auch in den Zeiträumen aus, welche dieselbe zur vollständigen Erkaltung braucht. Alexander v. Humboldt berichtete einst über die Lava des Jorullo

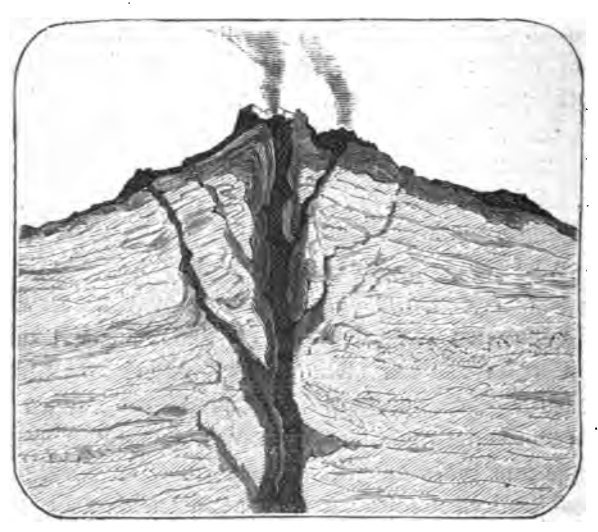


Abb. 27. Durchschnitt eines Vulkans nach Muthmaßung. (Orig.-Zeichnung d. Verf.)

in Mexiko vom Jahre 1759. Die Lava war 20 Jahre nach dem Ausbruch unter der Erstarrungskruste noch glühend und sogar flüssig gewesen; Humboldt selbst aber fand 44 Jahre nach dem Ausbruch die Massen unter den erstarrten Krusten noch so heiß und glühend, daß man Zigarren daran anbrennen konnte. Als E. Schlüder 87 Jahre nach dem Ausbruch den Vulkan besuchte, stieß die Lava aus Oeffnungen noch Rauch und Dampf aus.

Wir können nun nicht glauben, daß die Massen glühenden Stoffes, welche da den Vulkanen entströmen, der ganze Vorrath des Erdinnern an solchem Material sind; im Gegentheil: wir müssen in den Lavaströmen nur ganz kleine Proben, nur überfließenden Ueberschuß von den viel gewaltigeren Gluthmassen sehen, die im Schooß der Erde lagern.

An zahllosen Stellen der Erde sprudelt auch heißes und sogar kochendes Wasser aus dem Boden und zumal die mächtigen, von dichtem Dampf umhüllten siedend-heißen Wassersäulen der Springquellen, wie solche z. B. auf der Insel Island thurmhoch emporschießen, beweisen ebenfalls, daß im Innern der Erde großartige Wärmeheerde vorhanden sind.

Nach all diesen Anzeichen beurtheilt steht also die hohe Temperatur im Innern der Erde über jedem Zweifel und zwar müssen die Gesteinmassen in gewisser Tiefe glühendflüssig sein, ähnlich wie die Lavaströme, welche von dorther heraufquellen. Daß aber die vulkanische Gluth im Innern der Erde nicht nur etwa eine ganz vereinzelt vorkommende außergewöhnliche Erscheinung ist, beschränkt auf eine oder einige kleine Erdgegenden, das zeigt die Verbreitung der Vulkane. Solche Berge sind über die ganze Erde vertheilt, im Norden und Süden, von den eisigen Regionen der Pole, bis zum Aequator, im Meere, auf Inseln, wie auf den Festländern. Dasselbe ist es mit den sogenannten erloschenen Vulkanen, solchen, die seit Menschengedenken keine Ausbrüche gehabt haben.

Es giebt außer den Ausbrüchen der Vulkane und den heißen Quellen noch andere Erscheinungen, die man zu den vulkanischen rechnet; es sind das die Erdbeben und die Hebungen und Senkungen der Länder und der Meeres-

gründe. Ein Erdbeben besteht in gewaltsamen Erschütterungen und stoßweisen Schwankungen der Länder und des Meeresbodens. Der vulkanische Charakter der Erdbeben zeigt sich zunächst in der Aehnlichkeit der Erdstöße, der unterirdischen Donner und Getöse, wie sie bei Erdbeben auftreten mit denen, die auch die Vulkanausbrüche begleiten: dieselbe Gewalt der Erschütterungen, die sich oft viele Hunderte von Meilen weit nach allen Richtungen hin fortpflanzen, ein ganz ähnliches Donnern, Rasseln und Brüllen in der Erde — sodann darin, daß die meisten Erdbeben in solchen Ländern oder Erdgegenden erfolgen, wo sich viel thätige Vulkane finden, wie z. B. in Südeuropa, auf Island, auf den ostasiatischen und den Sunda-Inseln, im ganzen Gebiet der Anden in Amerika u. s. w. Auch Feuer will man bei Erdbeben schon aus der Erde hervorbrechen gesehen haben. Der ursächliche Zusammenhang zwischen der vulkanischen Thätigkeit und den bei Erdbeben wirksamen Kräften bekundete sich aber sehr klar in einer Erscheinung, welche beim Vesuv im Jahre 1755 während des großen Erdbebens, welches das 270 Meilen vom Vesuv entfernte Lissabon verwüstete, sowie bei dem Vulkan von Pasto in Südamerika am 4. Februar 1797 in derselben Stunde beobachtet wurde, als das 50 Meilen südlich davon gelegene Riobamba durch ein furchtbares Erdbeben vernichtet wurde. In beiden Fällen verschwand die Rauchwolke über dem Vulkanschlunde, die seit Jahren aus demselben aufgestiegen war. Das Verschwinden war in beiden Fällen so auffällig, daß es von vielen Beobachtern genau gemerkt und nach Tag und Stunde notirt wurde.

Die Erdbeben sind häufiger, als man gewöhnlich annimmt; es werden, wenn man auch die schwächeren Erschütterungen hinzurechnet, in jedem Jahre auf der Erde gegen-

wärtig 60 bis 100 gezählt. Humboldt kam zu der Ansicht, daß keine Stunde verstreicht, ohne daß nicht in irgend einer Gegend der Erde Erschütterungen vorkommen.

Auch die Ursachen der Hebungen und Senkungen ganzer Länder, die wir im nächsten Abschnitt betrachten werden, sind nach den verschiedensten Beobachtungen vulkanischer Natur, z. B. treten sie zum Theil plötzlich bei Erdbeben und Vulkanausbrüchen ein; andererseits kommen sie aber auch in solchen Erdgegenden vor, wo sich keine thätigen Vulkane befinden.

Wenn alle diese Erscheinungen zusammengefaßt in Betracht gezogen werden, so ergiebt sich mit fast hinreichender Gewißheit, daß die vulkanischen Ursachen ihren Sitz nicht an einzelnen kleinen Stellen haben, nicht nur an den einzelnen Punkten, wo thätige Vulkane stehen, sondern daß sie um die ganze Erde herum überall vorhanden sind, daß sich die Gluthmassen unter der Erdrinde von Vulkan zu Vulkan rund um die Erde erstrecken. Die vulkanische Gluth unter der Erdkruste ist wahrscheinlich ein allgemeiner Zustand der Massen im Innern der Erde.

Gehen wir die Ansichten der Geologen über den in Rede stehenden Gegenstand durch, so finden wir sie getheilt; doch scheinen gerade die angesehensten unter ihnen zu unserem Schlusse gekommen zu sein. Der vorurtheilsfreie Erdforscher Bernhard v. Cotta (geb. 1808) war überzeugt, daß der Vulkanismus die Folge einer allgemeinen flüssigen Gluth unter der Erdkruste sei.

Aber die Hitze muß bis zum Mittelpunkt der Erde reichen, sie kann nicht nur etwa eine rein oberflächliche Erscheinung sein, nur so in einigen tausend Meter Tiefe sitzend; es liegt das schon im Wesen der Wärme selbst und in der Thatsache, daß die Erde eine Kugel ist.

Die Wärme strebt, wie wir wissen, jederzeit nach Ausbreitung; warme Körper und Stoffe erwärmen die mit ihnen in Berührung stehenden kälteren. Nehmen wir nun selbst an, die überall unter der Erdkruste vorhandene Hitze hätte sich ursprünglich nicht bis zum Mittelpunkt der Erdkugel fortgesetzt, sei aber alle die Jahrtausende und Jahrmillionen hindurch entsprungen einem rings die Erde umfassenden Wärmeheerde, etwa einer Region chemischer, wärmeentwickelnder Prozesse, die sich verhältnißmäßig nahe der Oberfläche der Erde befunden hätte, vielleicht nur in der Tiefe von wenigen Kilometern — so ist klar, daß die Wärme, ebensogut wie nach außen, so auch nach innen, nach dem Mittelpunkt der Erde hin sich hätte ausbreiten müssen. Nach innen zu hätte aber auf die Dauer nicht Abkühlung, nicht Entziehung von Wärme stattfinden können (nicht so wie nach außen hin, wo die Wärme durch Abkühlung an die Luft und den eiskalten Weltraum auf den verschiedensten Wegen unausgesetzt verloren gehen mußte), sondern im Gegentheil: eine Ansammlung der Wärme im Innern der Erdkugel wäre die nothwendige Folge gewesen, sofern die angenommene Wärmeregion stets neue Hitze entwickelt hätte.

Wäre also auch wirklich die innerste Masse der Erde ursprünglich nicht heiß, sondern kalt gewesen, so hätte sie es nicht bleiben können; vorausgesetzt ist dabei allerdings, daß die gegenwärtige, die Erde umfassende vulkanische Gluth nicht, sozusagen, erst vorgestern entstanden sei.

So kommen wir zu der Ueberzeugung, daß die Hitze des Erdinnern sich nicht nur auf eine gewisse Schicht nahe der Oberfläche beschränken kann, sondern daß sie bis in das Innerste hinein reichen muß.

Wir nehmen nicht im Ernst an, daß die innere Erdwärme wesentlich chemischen Prozessen entspringe oder entsprungen sei — es fehlt dazu jeder Anhalt. Es sollte nur dargethan werden, wie man selbst unter dieser Annahme zu der Erkenntniß kommt, daß das Innere der Erde heiß und glühend sein muß. Wir betrachten daher in Uebereinstimmung mit unseren früheren Ergebnissen die **innere Erdgluth zu ihrem ungeheuer überwiegenden Theil als Rest einer früheren noch größeren und allgemeineren Hochwärme der Erde.**

Auch die Geologie führt sehr triftige und haltbare Gründe dafür auf, daß die vulkanische Gluth unter der Erdoberfläche nicht erst von gestern und heute ist, sondern daß sie seit undenklichen Zeiten herrschte, ja daß sie früher in höherem Grade und großartiger zu Tage getreten sei, als gegenwärtig und überhaupt von jeher die ganze Erde umfaßt habe. Die Massen der Erdoberfläche setzen sich zum größten Theil aus solchen Schichten und Gesteinen zusammen, welche unzweifelhaft erkennen lassen, daß sie sich aus dem Wasser niedergeschlagen haben; derartige Massen enthalten ohne Ausnahme allerlei versteinerte Reste und Spuren von ehemals lebenden Wesen, von Pflanzen und Thieren. Finden wir nun Gesteinmassen, welche solche Spuren und Reste **nicht** enthalten, die außerdem alle Anzeichen eines früheren Schmelzzustandes aufweisen und die in ihrem Gefüge, ihrer Zusammmensetzung, wie ihrer Lagerungsweise auch mit denjenigen Gesteinen die größte Aehnlichkeit haben, die noch jetzt vor unseren Augen als hochglühende vulkanische Massen aus der Tiefe heraufquellen, sehen wir bei alledem, daß diese Gesteine augenscheinlich die Erdschichten (wie die Lava es jetzt noch thut) durchbrochen, aufgerichtet, verdrängt und zerstört haben, finden wir endlich an

den mit solchen Gesteinen in Berührung gekommenen Erdschichten an den Berührungsstellen Veränderungen, wie sie nur eine Glühtemperatur zu bewirken vermag, so können wir uns der Erkenntniß nicht verschließen, daß derartige Gesteine aus dem Zustande der Schmelzgluth erstarrt seien.

Das ist nun bei einer Reihe von überall auf der Erde vorkommenden Massengestein-Arten der Fall. Die Geologen nennen solche Gesteine, die jene Kennzeichen haben, Ausbruchs- oder Eruptivgesteine, weil diese Massen unverkennbar als glühende Teige oder Flüssigkeiten aus dem Innern



Abb. 28. Grünstein mit weißen Feldspathkrystallen (Porphyr-Art).

der Erde heraufgebrochen sind. Sie bilden die festen Gebirgsfelsen, welche die meist viel weicheren und haltloseren Schichterden durchbrachen, erkennbar aufrichteten, verdrängten u. s. w. So ist der bläulich-schwarzgraue Basalt, mit dem wir unsere Straßen und Chausseen vielfach pflastern, ein solches Gestein; ferner werden hierher gezählt der allverbreitete

Granit, die Kernmasse vieler Gebirge, der Grünstein, der Trachyt, das Leuzitgestein, Gabbro und Syenit, Felsit, die verschiedenen Porphyr-Arten und andere. Gewöhnlich enthalten die Lavamassen, welche jetzt noch von den Vulkanen ausgeworfen werden, hauptsächlich Augit[52]), Hornblende, Feldspath, Labradorit und Quarz; aber aus den gleichen Mineralien, in derselben Vermengung und mit dem gleichen Gefüge sind größtentheils auch die obengenannten Felsarten zusammengesetzt.

Es wird sich im weiteren Verlaufe der Darstellung noch mancher Beleg für die Annahme der ehemaligen Gluthflüssigkeit ergeben und wenn auch einzelne Gelehrte einen solchen ehemaligen Zustand der Erde und der Eruptivgesteine bestreiten, so sind die Gründe dafür doch so zahlreich, daß wir mit der Mehrzahl der Geologen sagen müssen: Es gab nothwendig eine Zeit, in welcher die Gluth des Erdinnern viel weiter heraufreichte, als gegenwärtig und noch weiter zurück muß der ganze Erdball eine über und über strahlende und leuchtende Kugel gewesen sein, so wie es jetzt noch die Sonne ist.

An unsere früheren Ergebnisse anschließend, denken wir uns jetzt weit in die Vergangenheit der Erde zurück und stellen uns dieselbe als Gasball vor, der von einem kleineren Gasballe, unserem jetzigen Monde umkreist wurde.

Wir wissen es nicht, zu welcher Zeit der Weltentwicklung sich die einzelnen Elemente aus der allgemeinen dünnen Ur-Gasmasse abgeschieden haben und ob es überhaupt je eine unterschiedslose Urmasse gegeben; Seite 68 wurde das Nöthige hierüber gesagt. Nehmen wir nun an,

daß in unserem vorgestellten Erdgasballe die Elemente bereits voneinander gesondert, daß vom Silizium der Kohlenstoff, vom Kupfer das Silber, vom Eisen das Nickelmetall geschieden war, so mochte sich schon längst, vielleicht schon vor Abtrennung der Mondgase ein Knoten und Kern schwerer Metalldämpfe in der Mitte des Gasballens der Erde angesammelt haben, um den sich dann die übrigen Gase kugelförmig lagerten. Die dichteren Gasmassen der Mitte waren dann der eigentliche Anfang unserer Erde. Der gesammte Gasball der Erde aber bis zu den leichtesten Dämpfen mußte nach der Absonderung der Gase des Mondes noch vielmal größer sein, als unser jetziger Erdball; läuft der Mond heute noch in ungefähr demselben Abstande von der Erde, als damals seine Gasmassen, so mochte die Erde nach der Absonderung der Mondgase wohl einen unbestimmt begrenzten, stark abgeplatteten Gashaufen von 80,000 bis 100,000 Meilen Durchmesser darstellen.

In diesem Gasballen konnte keine Ruhe bestehen. Die Abkühlung und damit die Verdichtung war nothwendig außen größer, als innen; sobald aber die äußeren Stoffe dichter und schwerer geworden, mußten sie, der Schwerkraft gehorchend, gegen das Zentrum hin in dichtere Schichten niedersinken. Dort aber wurden die eingedrungenen Gase nothwendig wieder höher erwärmt, dehnten sich aus, wurden leichter und so mußten sie jetzt wieder anderen schwerer gewordenen Gasen Platz machen. Es entstand so ein Kreislauf, eine Zirkulation in den Gasmassen, ein Vorgang, den wir bereits kennen. Ein Kreislauf blieb auch, als die Gase anfingen, sich allmälig zur Flüssigkeit zu verdichten, so wie noch jetzt an der Erdoberfläche das Wasser, als Nebel und Dampf nach oben getrieben, dort in kälteren Luftschichten sich zu Wolken und Regentropfen

verdichtet und als Regen herabfällt, um unten wieder zu verdunsten.

Der Aggregatzustand eines Stoffes ist nicht nur von seiner Temperatur abhängig, sondern auch von dem Druck, dem der Stoff ausgesetzt ist. Wasser siedet und verdampft unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck[53]) bei 100 Grad, unter einem Druck des 10fachen Atmosphärendruckes aber erst bei einer Hitze von 182 Grad. Setzt man umgekehrt Wasserdampf von 182 Grad Wärme einem Druck von mehr als 10 Atmosphären aus, so wird er zu Wasser verdichtet. In derselben Weise können wahrscheinlich alle Dämpfe und Gase durch Druck verflüssigt (niedergeschlagen, kondensirt) werden. Aus diesen Gründen mußte schon der größere Druck in der Mitte des Gasballens nach gehöriger Abkühlung der ganzen Masse dazu führen, daß sich dort zuerst flüssige Stoffe versammelten und eine flüssige Kugel bildeten. Außerdem mußten sich auch diejenigen Stoffe dauernder als Flüssigkeit in der Mitte einfinden, welche bei einer hohen Verdampfungstemperatur zugleich sehr schwer sind.

Wir sind nicht im Stande, solche Hitzegrade zu erzeugen, geschweige genau zu messen, welche zur Verdampfung der verschiedenen Stoffe erforderlich sind, daher sind unsere Kenntnisse in dieser Beziehung noch sehr gering; im Allgemeinen aber werden die schwer schmelzbaren Stoffe auch die höchsten Temperaturen zur Verdampfung brauchen, wie der Kohlenstoff, im krystallisirten Zustande (als Diamant, 3½ mal so schwer als Wasser) das härteste aller Elemente, von welchem wir noch nicht einmal die Schmelztemperatur kennen, oder das Platinmetall (22 bis 23 mal so schwer als Wasser), welches erst bei einer Hitze von 2000 bis 2500 Grad schmilzt. Nachstehende Zusammenstellung giebt die Schmelztemperaturen

einiger der bekannteren Elemente, welche höhere Temperaturen zum Schmelzen erfordern, nebst Angabe ihrer Schwere, auf das Wassergewicht bezogen:

	Schmelztemperatur in Graden d. 100theiligen Thermometers:	Gewicht, das Wassergewicht gleich 1 gesetzt (Spezifisches Gewicht):
Kohlenstoff (Diamant)	?	$3\frac{1}{2}$
Platin	2000—2500	22—23
Silizium	ungefähr 2000	$2—2\frac{1}{2}$
Eisen (rein)	über 2000	$7\frac{8}{10}$
Kobalt	ungefähr 1400	ungefähr $8\frac{6}{10}$
Mangan	„ 1300	8
Gold	„ 1200	ungefähr 19
Kupfer	„ 1100	$8\frac{9}{10}$
Silber	„ 1000	$10\frac{1}{2}$
Kalzium	„ 1000	$1\frac{6}{10}$
Nickel	„ 1000	$8\frac{9}{10}$
Magnesium	„ 700	$1\frac{3}{4}$
Aluminium	„ 700	$2\frac{7}{10}$
Zink	433	$6\frac{9}{10}$
Antimon	425	ungefähr $6\frac{8}{10}$
Blei	334	$11\frac{3}{10}$

Ist die Verdampfungstemperatur eines Stoffes um so höher, je höher seine Schmelztemperatur ist, wie anzunehmen, so werden sich von den Stoffen unserer Tabelle zuerst hauptsächlich die schwereren, der Reihe nach Platin, Eisen, Kobalt, Mangan, Gold, Kupfer, Silber, Nickel, Zink, Antimon und Blei im Innern unserer Erdgaskugel allmälig dauernder zu Flüssigkeit verdichtet haben; Blei kam von den genannten sicherlich zuletzt, weil es wahrscheinlich noch bei sehr erniedrigter Temperatur dampfförmig blieb. Es ist auch möglich, daß sich im Erdmittelpunkt Stoffe ansammelten,

die wir überhaupt nicht kennen. Dagegen hielten sich die leichteren Elemente nothwendig mehr in den äußeren Regionen und die schwer schmelzbaren unter ihnen, wie Silizium, Kalzium, Magnesium und Aluminium, bildeten mit zunehmender Abkühlung wahrscheinlich auch außen flüssige (wenn auch fein vertheilte wolkenartige) Massen, oder kamen wenigstens dem flüssigen Zustande nahe; diese leichteren kondensirten Stoffe umhüllten dann nach und nach die übrige glühende Masse der Erde wie eine Schaale und so erhielt unser Erdkörper seine erste deutlichere Abgrenzung. Die so entstandene Kugel mochte in der Größe von der jetzigen Erde nicht mehr gar so verschieden sein, vielleicht nur noch doppelt so groß im Durchmesser, als die jetzige Erdkugel.

Dafür, daß sich in einem gewissen Entwicklungsstadium der Sonnenzeit unserer Erde vor dem Flüssigwerden der ganzen Masse eine Art dichterer Hülle aus zähen Gasen oder wolkenähnlichen Tropfenansammlungen um die innere Hauptmasse angelagert haben mag, dafür sprechen auch die Ausbrüche glühender Gasmassen auf der jetzigen Sonne, die Protuberanzen. Die Spannung der Gase, welche die furchtbaren Ausbrüche der Protuberanzen bewirkt, könnte sich kaum in dem nöthigen Grade entwickeln, wenn die Oberflächenmassen der Sonne nicht in gewissem Grade dichter und zäher wären, als das nächstliegende Innere.

Wie unsere Erde noch jetzt von einer wolken- und dunsterfüllten Atmosphäre umzogen ist, und zwar von solchen Gasen und Dämpfen, deren Gas- und Dampfzustand unserer jetzigen kühlen Temperatur entspricht, so war auch die glühendflüssige Erde von damals ohne Zweifel von einer Atmosphäre glühender Gase eingehüllt. Und so wie jetzt das Wasser nicht beständig zur festen oder flüssigen

Erde (als Eis oder Wasser) gehört, sondern sich zeitweise auch oben in den Lüften umhertummelt, so können wir es als gewiß annehmen, daß auch die damaligen flüssigen Massen der Erdoberfläche, bestehend wesentlich aus Silizium, Kalzium, Aluminium u. s. w., ganze Zeitalter hindurch sich immer wieder als glühender Dampf nach oben, nach außen erhoben. Dort oben in den kühleren Schichten der Gase rannen ihre Wolken ohne Zweifel zu Tropfen zusammen und stürzten dann als glühender Regen auf die strahlende Erde nieder. So mancher Silizium- oder Aluminiumregen mochte in jener Periode auf das flüssige Gluthmeer der Erde funkensprühend herniedergehagelt sein. Ein ganzes Weltalter erhielt vielleicht sein besonderes Gepräge durch diese glühenden Regenwetter, wie das jetzige Weltalter der Erde durch die Wasserregen. Innerhalb der eigentlichen Erde führte ein ähnliches Zirkuliren, Emportreiben und Durcheinanderfließen der Massen, wie die gleichzeitigen Vorgänge in der Atmosphäre, nothwendig eine entsprechende Durchmischung der Elemente herbei und brachte es zweifellos mit sich, daß die schwereren Metalle in vertheilter Form (Gold z. B. in kleinen und kleinsten Tröpfchen) sich vielfach in den leichteren Massen der Oberfläche einstreuten, wo sie von den dortigen zäheren Massen zum Theil zurückgehalten werden mußten. Sehr zähe mußte schon in früher Zeit namentlich die Kieselerde, die Verbindung von Silizium und Sauerstoff sein, denn sie schmilzt äußerst schwer, etwa bei 2000 Grad und es wird so vielleicht erklärlich, daß sich vorzugsweise im Quarz, der reine Kieselerde ist, Goldkörnchen eingeschlossen finden.

Wahrscheinlich schon sehr früh verband sich der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure, und diese, auch im gasigen Zustande sehr schwer ($1\frac{1}{2}$ mal so schwer als

Luft), mochte sich in der glühenden Atmosphäre, oder gar an der flüssigen Oberfläche, den Aluminium-, Silizium-, Kalzium- und den übrigen Massen beigesellen. In dem ganzen in Rede stehenden Entwicklungsalter der Erde vollzogen sich dann wahrscheinlich auch die verschiedenen chemischen Verbindungen, aus deren Produkten die Erdmassen sich zusammensetzen. Es sind wesentlich acht Elemente, aus denen die Massen der Erdoberfläche bestehen, von welchen wieder Sauerstoff, Silizium, Aluminium und Eisen in der Menge überwiegen. In Prozenten bestehen die uns zugänglichen Erdmassen (nach Dammer, Lexikon der Chemie, Leipzig 1882) ungefähr aus:

Sauerstoff	zu 46½	Prozent	Kalzium	zu 3½	Prozent
Silizium	„ 29½	„	Natrium	„ 2½	„
Aluminium	„ 8	„	Kalium	„ 2	„
Eisen	„ 6	„	Magnesium	„ 1½	„

Die nächsthäufigsten sind Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Chlor und Phosphor. Sauerstoff bildete mit Silizium die Kieselerde, den Grundbestandtheil der meisten Gesteine und Erden, mit Aluminium die Thonerde, mit Kalzium die Kalkerde, die Grundlage des Kalkes, der Kreide und des Gypses, mit Magnesium die Talkerde. Aus Natrium und Chlor wurde Kochsalz. Alle Verbindungen, namentlich die des Sauerstoffes, bildeten wieder miteinander eine ganze Reihe weiterer Verbindungen, die wir in den verschiedenen Mineralien vor uns haben, aus denen alle die Erd- und Felsenmassen zusammengesetzt sind. Aus Sauerstoff, Silizium, Aluminium, Eisen und Kalzium, oder mit anderen Worten: aus Kieselerde, Thonerde, Eisenverbindungen und Kalkerde besteht zu vollen neun Zehnteln die gesammte uns zugängliche feste Erdrinde. Drei Viertel der Erdmassen und Gesteine sind Kieselerde.

Wegen der außerordentlichen Hitze, die zur Schmelzung der genannten Sauerstoffverbindungen erforderlich ist, müssen wir fast als gewiß annehmen, daß die Periode der großen chemischen Prozesse der dauernden Verflüssigung der Oberflächenmassen der Erde voraufging; die glühenden Regenwetter, von denen vorhin die Rede war, sind darum möglicherweise niemals reine Metallwetter gewesen, sondern vielleicht wesentlich Niederschläge glühendflüssiger Kieselerde, Thonerde, vermischt mit den Flüssigkeiten und dem Dampfe der verschiedensten anderen Stoffe.

Die Reihenfolge der chemischen Prozesse läßt sich kaum mit Bestimmtheit angeben. Welche Verbindung dieses oder jenes Element bei der oder jener Temperatur einging, welche Prozesse vorher, welche nachher sich vollzogen, das zu beantworten hängt von der Ermittelung so vieler Umstände ab, daß wir uns hier mit allgemeinen Uebersichten, mit Angaben über die Zusammensetzung der Erdrinde aus den und den Stoffen und mit der Gewißheit, daß das Zusammentreten dieser Stoffe von gewissen Temperaturen abhing, begnügen wollen.

Die Vereinigung der Elemente mußte zum Theil unter bedeutender Licht- und Wärmeentwicklung vor sich gehen. Nun dürfen wir aber nicht etwa glauben, daß diese durch die chemischen Prozesse entwickelte Wärme vielleicht die eigentliche Quelle der Wärme und Gluth des Erdkörpers war. Es haben allerdings Einzelne, wie Meydenbauer z. B. (zu vergl. Anhang Nr. 45) angenommen, daß das Leuchten und Glühen der Weltkörper, besonders der Sonne, von den chemischen Prozessen herrühre, die sich da abspielen. Es wurde schon Seite 121 gesagt, aus welchem Grunde die Sonnenwärme keine Verbrennungswärme sein kann. Im Allgemeinen bildet die chemische Wärmeentwicklung nur eine

gewisse Untererscheinung im großen Abkühlungs-prozesse; sie vollzieht sich bei einem gewissen Stadium der Abkühlung, bei dem innigeren Verschmelzen der Elemente miteinander, die durch große Hitze vorher auseinander gehalten waren. Auch die Erde leuchtete sicherlich zu Zeiten theilweise mit chemisch entwickeltem Licht, aber dieses Leuchten war nur ein Nachklang, oder richtiger, Nachschein der ehemaligen Hochgluth der Vorzeit, welche die Elemente noch getrennt gehalten hatte. Es kam die Wärme wieder zum Vorschein, welche einst zur Trennung der Verbindungen einer früheren Welt verbraucht worden war. Das Dasein der Wärme im Weltall überhaupt ist (gerade wie durch Verdichtung — zu vergl. Seite 60) durch chemische Prozesse nicht zu erklären. Ihre eigentliche Entstehung besprechen wir erst im XI. Abschnitt.

Im Laufe unberechenbarer Zeiträume verschwanden nach und nach die dichteren Dämpfe aus der Atmosphäre und immer mehr nur die leichteren blieben darin zurück. Aus diesem Grunde traten an Stelle der glühenden Niederschläge der allverbreiteten Verbindungen des Siziliums, des Aluminiums u. s. w., denen der glühende Dampf und Regen der Magnesium-, Kalium- und der sonstigen weniger häufigen Verbindungen beigemengt gewesen sein mochte, ganz allmälig vielleicht die atmosphärischen Wetter des Chlornatriums[54]) (Kochsalz, Schmelzpunkt: 776 Grad), des Schwefels (Schmelztemperatur: 115 Grad) und anderer Stoffe. Zuletzt erst kamen die Wasserwetter an die Reihe, die Niederschläge des Wassers, der für unser Leben so wichtigen Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff.

Durch alle diese Vorgänge, besonders durch die verschiedenen endlosen Zirkulationsbewegungen wurde die Ab-

kühlung des glühenden Erdkörpers wesentlich befördert; die immer wieder verdampfenden und aufsteigenden Stoffe entführten der Erdmasse ununterbrochen ein Quantum Wärme nach dem andern und strahlten es an den äußeren Grenzen in die dünneren Gase des weiten Weltraums hinaus. Infolge der allmäligen Erniedrigung ihrer Temperatur mußte sich die Erde, lange noch vor dem Auftreten des Wasserdampfes, gewiß viele Millionen von Jahren vorher, mit einer festen Kruste überziehen, anfänglich vielleicht einzelne auf der glühenden Flüssigkeit schwimmende Schollen bildend, die sich nach und nach zu einer zusammenhängenden Schaale vereinigten, woraus sich durch immer weitere Abkühlung die erste feste Erdoberfläche entwickelte. Gleichzeitig wurde die Erde kleiner und näherte sich immer mehr ihrer jetzigen Größe.

Verschiedene Gelehrte haben versucht, die Zeit zu berechnen, welche seit den zuletzt geschilderten Entwicklungsperioden der Erde verflossen sind. Bischof z. B. stellte Versuche mit Basaltkugeln im geschmolzenen Zustande an und leitete aus der Dauer, welche die Basaltmassen bis zur Abkühlung und Erstarrung brauchten, ab, daß die Erde ungefähr 350 Millionen Jahre nöthig gehabt habe, um sich von der Schmelztemperatur der Gesteine bis ungefähr zur jetzigen Temperatur abzukühlen. Klein fand auf anderem Wege mehr als fünfmal so viel, nämlich ungefähr 2000 Millionen Jahre für die seit der ersten Umkrustung der Erde verflossene Zeit. Derartige Berechnungen sind nun sehr unsicher; ihr Werth liegt hauptsächlich nur darin, daß man auf wissenschaftlicher Grundlage zu Begriffen darüber kommen kann, ob sich die Entwicklung der Erde im Laufe von tausend oder hunderttausend oder vielen Millionen von Jahren vollzogen habe, und das ist immerhin von einiger

Wichtigkeit, wenn man zu einer richtigen und wissenschaftlich haltbaren Anschauung über die Welt und ihr Dasein gelangen will.

In jener Zeit vielleicht schon, als bereits einzelne festgewordene Schollen auf der flüssigen Gluth der Erde umhertrieben, spätestens dann aber, als die Erde anfing, sich mit einer starren Kruste zu überziehen, da entstanden nothwendig auch die ersten Gebirge. Die meisten Stoffe schrumpfen beim Erkalten und Erstarren zusammen und werden schwerer. Das Zusammenschrumpfen der Erdkruste hatte zweifellos zur Folge, daß sie vielfach zerriß, ähnlich wie eine große Eisdecke bei strenger Kälte Sprünge und Risse erhält. Es entstanden Zerklüftungen und Spalten, durch welche die glühende Fluth des Innern wieder zum Vorschein kam. Die größer gewordene Schwere der Schaalenstücke mußte weiter bewirken, daß dieselben tiefer in die flüssigen Massen ein- und untersanken, daß andererseits die flüssigen Massen durch die Risse, also *neben* den festen Stücken der Kruste herausquollen und unter Umständen überflossen. Flüssiges Material, welches später durch dieselben Risse heraufdrängte, hob dann wohl die zuerst ausgeflossenen, mittlerweile fest oder zäh gewordenen Massen, richtete sie schräg auf, wölbte sie zu Höhenzügen, durchbrach sie stellenweise und so entstanden allmälig die ersten Gebirgszüge, die eigentlichen *Urgebirge der Erde.*

Sicherlich ist die beschriebene Art nicht die einzige, in der die Urgebirge entstanden sind. Es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, daß die flüssigen Gluthmassen der Erde, gerade wie noch jetzt die der Sonne, in den verschiedensten Bewegungen und Strömungen begriffen waren; der Kreislauf der flüssigen Massen, hervorgerufen durch die Ausstrahlung der Erdhitze an der Oberfläche, konnte ja noch lange nicht

aufhören. Allenthalben kochte und strömte wohl noch die glühende Fluth gewaltig unter der schwachen Kruste und unzählig oft wird die letztere wieder zerrissen, theilweise wieder geschmolzen und aufgelöst worden sein. Auch die Anziehung der nahen Mondmasse, wie der ferneren, aber großen Sonnenkugel mußte bedeutende Strömungen in den glühenden Fluthen der Erde hervorrufen, so wie das mit der Wasserhülle der jetzigen Erde noch vor unseren Augen geschieht. Es ist hier das Fluthen der Ozeane gemeint, ein regelmäßiges tägliches Anschwellen und Abfließen des Meerwassers, veranlaßt theils durch die anziehende Wirkung von Mond und Sonne (auf der diesen Körpern jeweilig zugekehrten Seite), und theils (auf der entgegengesetzten Erdseite) durch die Zentrifugalkraft, welche aus der Bewegung von Sonne und Erde, sowie von Mond und Erde um die gemeinschaftlichen Schwerpunkte entspringt[55]). So wie sich nun noch heute die großen Eisschollen und Eisberge der Polarmeere übereinanderthürmen, so wird auch in jener Vorzeit der Fall sehr oft eingetreten sein, daß sich die schwimmenden, theilweise untergesunkenen Schollen von damals, geschoben und bewegt von den Strömungen, gegenseitig aufrichteten, übereinanderschoben, schräge Aufhäufungen bildeten, und was derartiger Massenwirkungen mehr waren.

Das waren die eigentlichen und rechten Urgebirge der Erde, nicht das, was von den jetzt vorhandenen Gebirgen als Urgebirge häufig bezeichnet wird. Denn wir müssen annehmen, daß jene ersten Schollen- und Durchbruchsgebirge in ihrer ursprünglichen Form gar nicht mehr vorhanden sind. Dasselbe gilt von den Urgesteinen, den ersten festen Produkten der Abkühlung. Wir werden im nächsten Abschnitt sehen, wie das später aufgetretene Wasser auflösend und zerstörend wirkte, und wie wahrscheinlich gar

nichts von der ursprünglichen festen Erdoberfläche seiner Gestalt und Zusammensetzung nach so blieb, wie es entstanden war; die bedeutende Gewalt des Wassers ließ nach allen Anzeichen wohl buchstäblich keinen Stein auf dem andern. Das, was manchmal als Urgestein betrachtet wird, wie z. B. Grünstein, Felsit, Gabbro, Syenit, Granit und die anderen krystallinischen oder dichten Eruptivgesteine, sind nach der jetzigen geologischen Erkenntniß wahrscheinlich ohne Ausnahme die Produkte späterer Durchbrüche der erdinnern Massen, oder der Einwirkung von glühenden Eruptivmassen auf andere Gesteinschichten, die zwischen den Erdmassen der Kruste erstarrten. Die Geologie nennt, wie hier bemerkt sei, diejenigen Eruptivgesteine, welche tiefer unten in der Erdrinde erstarrten, plutonische Eruptivgesteine, solche, die mehr nahe an der Oberfläche oder auf dieser fest und kalt wurden, vulkanische.

Soweit unsere Körper, wie die der übrigen lebenden Wesen aus Wasser, sowie aus Wasserstoff, Sauerstoff und sonstigen leichten Elementen bestehen (zu ungefähr drei Vierteln des Gesammtgewichts), waren sie in jenen Zeiten des Entstehens der Erdenwelt größtentheils wohl noch als Dampf und Gas aufgelöst, den großen dichten Dampfmassen beigemischt, welche die immer noch heiße Erde umwallten, und auch der überwiegende Theil des Kohlenstoffs, ein weiterer wichtiger Bestandtheil der organischen Welt, wirbelte, mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbunden, noch über der Erde in der heißen Atmosphäre. Denn die gesammte heutige Wassermasse, d. h. alle Ozeane, Meere, Seen und Flüsse bildeten dichte Dunstwolken, welche den Erdball noch auf lange, undurchdringlich für das Sonnenlicht, einhüllten und sie breiteten düstere Halbnacht über die siedend heiße, zuletzt nur noch hier und da dunkel glühende Erdoberfläche.

Hiermit endete die Sonnenzeit, das Jugendalter unsers Planeten, die Zeit, in welcher derselbe sein eigenes strahlendes Licht gehabt und wo es keinen solchen Wechsel von Tag und Nacht, wie heute, auf der Erde gegeben hatte. Die Erde befand sich von jetzt an etwa in einem Zustande, wie er bei Jupiter, wahrscheinlich auch bei Saturn, noch heute besteht, wovon im vorigen Abschnitt die Rede war.

VIII. Abschnitt.

Die Sedimentärzeit der Erde bis zur Gegenwart.

Unter der Sedimentärzeit der Erde wollen wir den gesammten Zeitraum ihrer Geschichte verstehen, der sich von dem ersten Auftreten des Wassers auf der Erdoberfläche bis in unsere Gegenwart erstreckt. Es ist das die Zeit der Ablagerungen, der Bodensätze (Sedimente) aus dem Wasser. Das Wasser der Quellen, Flüsse, Seen und Meere enthält, entweder in gelöstem Zustande oder als Schlamm, allerlei Mineralien und Erdmassen, welche sich bei ruhigerem Wasser auf dem Grunde absetzen, niederschlagen und dann mehr oder weniger zusammenhängende Massen bilden. Die Gesteinmassen, welche sich aus solchen Bodensätzen und Ablagerungen, allmälig festwerdend, zusammensetzen, heißen Sedimentgesteine. Zu den Sedimentgesteinen zählt man indessen auch noch diejenigen Massen in und auf der Erde, welche sich aus der Luft als vulkanischer Staub, Flugsand u. dergl. abgesetzt haben, ferner die kohlenstoffhaltigen Schichten des Anthrazits, der Steinkohlen, Braunkohlen und des Torfs.

Wie lange es auch gedauert haben mag — die Zeiten mußten endlich ablaufen, wo der Zustand unserer Atmosphäre noch namentlich durch das Auftreten glühender und heißer Wetter, Niederschläge und Wiederverdampfungen der verschiedenen mineralischen Stoffe sein Gepräge erhalten hatte; dann traten nothwendig an Stelle der schwerer verdampfenden Stoffe im Laufe unberechenbarer Zeitlängen nach und nach die leichter verdampfenden Substanzen. Ganz

allmälig aber mußte sich hierauf der Zustand entwickeln, wo der Wasserdampf, die gasige Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff, sich oben in den höchsten kühlsten Regionen der damaligen Atmosphäre verdichtete und in Form von siedend heißem Regen auf die dampfende Erde fiel. In der ersten Zeit der Wasserniederschläge konnten die heißen Regentropfen freilich noch nicht ganz bis auf die feste Erdoberfläche gelangen, sondern mußten schon unterwegs in gewisser Höhe über der heißen Erde wieder verdampfen, so wie jetzt noch in wärmeren Gegenden der Schnee nicht als Schnee, sondern als Regen auf der Erde ankommt. Die atmosphärische Regenzirkulation vollzog sich demnach zu Anfang nur hoch oben und außen, näher an den äußersten Grenzen der Atmosphäre und nur allmälig mit der fortschreitenden Abkühlung der Erde senkte sich die Region der Wasserzirkulation bis zur Erdoberfläche herab.

Wir müssen vermuthen, daß alle die furchtbaren Wetter der heißen Vorzeit unter großartigen elektrischen Entladungen vor sich gegangen seien, da wir sehen, daß selbst in unserem jetzigen kühlen Zeitalter, wo die Sonne fast nur noch unsere einzige wirksame Wärmequelle ist, die Wasserwetter sich unter oft erschreckenden Gewittererscheinungen entladen. Vielmal furchtbarer aber mochte vielleicht der Donner der siedenden Wasserwetter dröhnen, wenn diese aus heißen schweren Dampfmassen herniedergingen, und die Gewalt der Vorgänge in der damaligen Atmosphäre findet ihre Beispiele in der Gegenwart vielleicht nur in den Vorgängen auf der Sonne und denen auf den größeren noch heißen Planeten.

Als das Wasser nach genügender Abkühlung der Erde endlich als Flüssigkeit auf der Erdoberfläche existiren konnte, da begann es eine für die Gestaltung der Erdrinde, wie für unser ganzes Dasein sehr wichtige Thätigkeit: Es löste

die von ihm überflutheten Gesteine und Mineralmassen der bereits fest gewordenen Erdrinde auf, zerstörte, verwitterte und zerbröckelte sie, rieb und scheuerte die abgebröckelten Stücke aneinander (wobei Sand und thoniger Schlamm abgemahlen wurde und abgerundete kleine und große Steine übrig blieben), führte sie, entweder völlig aufgelöst oder als Sand, als Schlamm, Thon, als abgerissenes Geröll u. dergl. mit fort, um sie später, meist schichtenweise, wieder abzulagern. Aus diesen Ablagerungen entstanden die sedimentären Erd- und Gesteinschichten, welche den größten Theil der festen Erdoberfläche, wie des Meeresgrundes bedecken.

Das Wasser ist noch jetzt in dieser Weise ununterbrochen in Thätigkeit. Durch Quellen, Bäche und Flüsse, durch die Ueberschwemmungen, Austritt der Ströme, wie auch durch die Bewegungen und Strömungen der Meere, durch ihre Brandung an den Küsten u. s. w. werden die bestrichenen Erdmassen fortwährend aufgelöst oder von der rohen mechanischen Kraft des Wassers zerstört und mit fortgerissen. Darum bilden sich auch heute noch Sedimentgesteine, wenigstens Anfänge zu solchen. Quellwasser, also Wasser, welches Bergmassen und Anhöhen durchsickerte und an tieferen Stellen, an Abhängen und in Thälern wieder zum Vorschein kommt, scheidet kohlensaure Kalkerde als Kalktuff, sodann Kieseltuff und Eisenocker aus; Schlamm-, Sand- und Geschiebeschichten werden von Bächen, Flüssen und Strömen abgelagert. Was die Ströme in ihrem oberen Laufe in den Gebirgen und auf den abfallenden Flächen an Erd- und Gesteinmassen mit davonführen, das lagern sie in den unteren Gegenden, wo die Gewässer langsamer und ruhiger fließen, in Biegungen des Laufes, in den ebeneren Ländern und vor ihren Mündungen

wieder ab. Vor den letzteren entstehen so ganze Berge und Bänke von abgelagerten Erdmassen und diese Bänke reichen allmälig bis an die Oberfläche des Meeres. In dieser Weise sind auch die Verbreiterungen und Theilungen der Ströme an den Mündungen entstanden, die sogenannten Deltabildungen, wie z. B. das Delta der Weichsel, des Rheins, der Donau, des Po in Italien, des Nils in Aegypten u. a. Ja ganze Länder sind auf diese Weise von den Strömen aufgebaut worden. Das Land am unteren Lauf der Ströme ist meist solches angeschwemmtes Land, welches sich aus dem Meere durch Auflagerung allmälig erhob. So ist ein großer Theil Aegyptens, Bengalens, fast ganz Louisiana und manche andere Gegend am unteren Lauf großer Ströme entstanden. Was am unteren Lauf, vor den Mündungen aufgeschüttet oder in's Meer geführt wird, das fehlt auf den Kämmen, an den Abhängen oder im Innern der Gebirge, von wo die Gewässer herniederrinnen, das fehlt in den Flußbetten, die sich die Flüsse selbst gegraben haben und immer tiefer und breiter graben.

In Sümpfen lagert sich Raseneisenstein ab; auf dem Grunde der Landseen, wie der Meere schichten sich thonige, sandige, kalkige, sowie gemischte Massen auf. Die Kalkablagerungen im Meer gehen meistens unter der Thätigkeit von Thieren vor sich. Zahllose Mengen mikroskopisch kleiner Thierchen verarbeiten die ins Wasser eingeführten Kalkstoffe zu ihren winzigen Gehäusen und Panzern, welche Gebilde sich dann als kreidiger Schlamm (kohlensaurer Kalk) auf dem Meeresgrunde absetzen. An den Erhöhungen und Felsen unter dem Wasser der Ozeane sind es die (noch an anderer Stelle erwähnten) Bauten der Korallenthierchen, welche aus kohlensaurem Kalk bestehen.

Kohlenmaterial wird heute noch an den verschiedensten

Stellen der Erdoberfläche aus Pflanzenmasse abgelagert: es ist der Torf. Man darf die verschiedenen kohlehaltigen Massen: Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit und Grafit als verschiedene Arten derselben ursprünglichen Stoffmasse betrachten, deren Verschiedenheit nur von verschiedenem Alter, dementsprechender Umwandlung und Zersetzung, von Einwirkungen der Belastung, der Bedeckung durch andere Erdschichten, Abschluß der Luft u. a. herrührt. Torf ist die jüngste Art kohlenstoffhaltiger Ablagerung, Anthrazit und Grafit sind die ältesten Arten. Torf würde, unter die nöthigen Einwirkungen versetzt und unter dem Einfluß der Zeit zuerst Braunkohle, dann allmälig eine Art Steinkohle, zuletzt Anthrazit werden, zu derjenigen Art kohlehaltiger Substanz (Kohlenstoffgehalt 95 bis 98 Prozent; Steinkohle enthält 70 bis 95 Prozent), welche mit schwacher bläulicher Flamme, ohne Rauch zu entwickeln, brennt und fast gar keinen Wasserstoff und Sauerstoff mehr enthält, wovon Torf sehr viel, Braunkohle weniger, Steinkohle noch weniger besitzt. (Grafit, jenes Material, aus dem unsere Bleistifte hergestellt werden, brennt gar nicht, obwohl er gleich dem Diamant aus reinem Kohlenstoff besteht.) Freilich würden aus unseren Torflagern nimmermehr so mächtige Kohlenlager werden können, als wir in vielen Steinkohlenflötzen sehen; dazu gehört eine ganz andere Vegetation, ein viel größerer Reichthum des Pflanzenbestandes, als es in unserem Weltalter verhältnißmäßiger Kälte und Trockenheit möglich ist.

Unser Torf entsteht, indem Sumpfmoose, Gras, Heidekraut und andere Pflanzen an nassen Stellen, über Sümpfen und Teichen dick über- und zwischeneinander wachsen und allmälig eine dichte vor der inneren Fäulniß geschützte Masse bilden. Wenn ein Teich sich ganz mit Sumpfmoosen

u. dergl. überzieht, so ist der Anfang für ein mächtiges Torflager gemacht. Ist die Pflanzendecke mehrere Fuß stark geworden, so trägt sie auch größere Pflanzen mit holzigen Stämmen, welche dann mit der Moordecke verwachsen; die ganze Masse wird immer dicker und füllt zuletzt wohl das ganze Wasserbecken bis zum Grunde aus. So entstehen die Torfmoore und so ähnlich, wenn auch in großartigerem Maaßstabe, müssen wir uns auch viele der Kohlenlager entstanden denken. Manche der Kohlenlager sind dagegen sicher aus bloßen Pflanzenanhäufungen entstanden, welche durch Gewässer, Ueberschwemmungen u. dergl. in Thalmulden zusammengeschwemmt worden waren. Eine solche Ueberschwemmung soll Abbildung 29 darstellen.

Wenn nun das Wasser noch jetzt in jener Weise auflösend, schichtend und umgestaltend thätig ist, in wie viel höherem Maaße muß dies in einer Zeit der Fall gewesen sein, als es noch siedend heiß, reicher versetzt mit Stoffen, welche die Auflösung und Zersetzung der bespülten Mineralmassen chemisch befördern, in den heftigsten Bewegungen und Strömungen begriffen war, als die Wassermassen noch viel mehr von der Erdrinde bedeckten und die Ströme breiter und mächtiger waren, als gegenwärtig!

Die Meere und Gewässer der Vorzeit besaßen sicherlich viel größere Fähigkeit und Kraft zum Auflösen der Gesteine, zum Zerstören und Zerbröckeln der Massen, als die jetzigen. Ist unsere Annahme von dem glühenden Ursprunge der Welt richtig, so war auch das Wasser zu Anfang seines flüssigen Daseins noch siedend heiß, so heiß wie die damaligen kochenden Regengüsse selbst und auch später, als die allgemeine Temperatur etwas gesunken war, gab es ohne Zweifel noch lange Zeiten hindurch wechselweise ganze kochende Meere, von deren wallender Oberfläche

zahllose Dampfsäulen in die heiße Atmosphäre emporwirbeln mochten. Wahrscheinlich übte die Atmosphäre von damals vermöge ihrer größeren Dichtheit auch einen viel größeren Druck an der Erdoberfläche aus und in diesem Falle konnte auch das Wasser schon bei entsprechend höherer Temperatur



Abb. 29. Untergehender Steinkohlenwald.

als Flüssigkeit existiren. (Zu vergl. Seite 157.) Dazu kommt noch, daß die Erde in einer gewissen Zeit von den niedergeschlagenen Wassermassen wahrscheinlich fast ganz bedeckt war, wobei nur einzelne höhere Punkte der ersten Gebirge, jener eigentlichen Urgebirge, aus dem Urmeer als Inseln hervorragen mochten. Wenn jetzt das Meer nur um ein Viertel der gegenwärtigen durchschnittlichen Meerestiefe, um etwa 800 Meter höher stände, als wie es wirklich steht, so wäre die aus dem Wasser hervorragende Landfläche

der Erdtheile auf ungefähr ein Zehntel der ganzen jetzigen Erdoberfläche verkleinert; alle niedrigeren Gegenden wären dann vom Wasser überschwemmt, der größte Theil der Länder der Erde würde Meeresboden sein. Die Wasserhülle der Erde ist nun ohne Zweifel mit der Zeit zu einem Theil in die Erdkruste eingedrungen; ihr Höhenstand muß also früher größer gewesen sein. Die Erdmassen sind nirgends so dicht, daß das Wasser nicht eindringen und einsickern könnte. Es giebt ja hier und da Schichten, welche das Wasser fast gar nicht durchlassen — die undurchlässigen Thonschichten zum Beispiel — aber diese erstrecken sich nicht als zusammenhängende Schaale um die ganze Erde, sondern haben im Verhältniß zu letzterer nur verschwindend kleine Einzelausdehnungen. Darum treffen wir auch in der Erde allenthalben, wenn wir nur tief genug graben, auf Wasser, das sogenannte Grundwasser. Das Wasser steht nicht nur als Meer an den tiefsten Stellen der Erdoberfläche, sondern auch in der Tiefe der Erdmassen zwischen den Gesteinen und Schichten. Schon in der Tiefe von 2 oder 3 Fuß ist das Erdreich überall und zu jeder Zeit feucht, selbst im trockensten Sommer. Auch die einzelnen Gesteinarten, sogar die festesten Felsenmassen, vorzugsweise aber die verschiedenen Kalk-, Kiesel- und Eisenverbindungen, absorbiren Wasser, theils durch einfaches Aufsaugen, theils durch chemische Vereinigung. Es ist nun klar, daß das Wasser stets nur soweit in die festgewordene Erdrinde eindringen oder sich davon aufsaugen lassen konnte, soweit sein flüssiger Zustand mit der Temperatur der Rinde verträglich war. Das Wasser muß also entsprechend der Abkühlung in der Erde in ähnlicher Weise allmälig tiefer gesunken sein, wie vorher in der Luft das Wasser der Regenwetter und die Region der Wiederverdampfung. Je dünner die abgekühlte obere Erdrinde früher

noch war, desto höher mußte auch ehemals das Wasser über der festen Erdfläche stehen. Man wird nicht sehr fehl gehen, wenn man behauptet, daß der mittlere Stand der Ozeane über der festen Erdfläche stets dem mittleren Stande der erdinnern Gluth und der Dicke der erstarrten Erdkruste entspricht, d. h. daß die Wasserhülle der Erde in dem Maaße tiefer sinkt, in welchem der Gluthzustand des Erdinnern infolge Abkühlung zurückgeht und die erkaltete Erdrinde innen anwächst.

Damit stehen auch die sonstigen Anzeichen im Einklange, aus denen man auf einen früher höher gewesenen Stand der Ozeane schließen muß. Die Korallenthierchen bauen ihre Kalkgebilde, in und an denen sie wohnen, welche letztere zu ganzen Felsen, Gebirgen und Bänken anwachsen, nie über die Oberfläche des Meeres hinaus, weil sie nur im Wasser ihre Nahrung zugeführt erhalten. Nun giebt es in den Ozeanen eine Menge von Korallenbauten in Gestalt von Inseln und Riffen, welche über die Wasserfläche emporragen. Murray sah hierin einen Beweis dafür, daß die Ozeane allmälig seichter werden.

Es ist hier zu bemerken, daß man nur diejenigen Erdschichten im engeren Sinne Sedimentschichten nennt, welche Versteinerungen und Spuren von Pflanzen und Thieren enthalten, weil solche Reste und Spuren in der Regel nur in die Ablagerungen des Wassers und der Luft hineingerathen können, nicht aber in glühende Massen. Allein auch diejenigen Ablagerungen, welche das Erzeugniß des heißen Wassers sind, können keine Versteinerungen und Spuren organischen Lebens einschließen, weil ausgebildetere Pflanzen und Thiere im heißen Wasser nicht existiren können. Man rechnet nun zu den sogenannten metamorphischen Gesteinen[56]) eine Menge verschiedener Gesteine,

welche Spuren von organischem Leben nicht enthalten, dabei aber ihrer Lagerungsweise, sowie der Art ihres inneren Gefüges (Textur) wegen nicht zu den Eruptivgesteinen gezählt werden können. Manche Arten der metamorphischen Gesteine, z. B. vielleicht gewisse Gattungen des Granits, alsdann Glimmerschiefer, Phyllit, die ältesten Schichten der Grauwacke u. dergl. sind darum wahrscheinlich die Absätze aus dem heißen Wasser der Vorwelt.

Wir staunen über die mächtigen Erd- und Gesteinschichten, die uns in Eisenbahn-Durchstichen, Bergwerken, in Stein- und Schieferbrüchen u. dergl. als Ablagerungen des Meeres vor Augen treten. Wenn wir aber die Zustände der Urmeere, ihre höhere Temperatur, ihren höheren Stand und alle sonstigen Verhältnisse der Vorwelt in Betracht ziehen, so werden uns diese riesigen Lager schon eher erklärlich. Vor Allem haben wir nicht die Zeitlängen zu vergessen, welche hier zum Verbrauch kamen. Die Naturgewalten konnten sich ja zu ihrer Arbeit Zeit nehmen. Sie arbeiteten nicht seit Jahrhunderten oder einigen Jahrtausenden, sondern seit Hunderttausenden und Millionen von Jahren an der Gestalt der Erde herum, an der Veränderung der Erdmassen, ohne Unterbrechung bis zum heutigen Tage. Welche Bedeutung aber große Zeitlängen selbst für die geringsten Wirkungen haben, das lehren alltägliche Beispiele. Die geringe Abnützung einer Thürschwelle oder Treppenstufe, welche mit jedem einzelnen Fußtritt erfolgt, summirt sich im Laufe von Jahrzehnten schon zur größten Aushöhlung, wie man bei älteren Steinschwellen und Treppen allenthalben sehen kann. Wasser, welches in einzelnen Tropfen immer auf die gleiche Stelle fiele, würde dort mit der Zeit einen Stein durchbohren.

Welche Zeiten kommen aber bei der Erdentwicklung und

für die Thätigkeit des Wassers in Betracht! Aus den Resultaten des Geologen Bischof ergiebt sich als Alter der ältesten Sedimentschichten — ganz ungefähr — 15 bis 20 Millionen Jahre. Andere Gelehrte haben andere Zahlen dafür erhalten, die von obiger Ziffer vielfach stark abweichen; sicher ist aber, daß es sich bei den fraglichen Ablagerungen um Jahrmillionen handelt.

Sicher ist es auch, daß die Erdschichten, d. h. fast alle geschichteten Erd- und Gesteinmassen vom Wasser abgesetzt worden sind; es ist heute Niemand in der Wissenschaft, der daran zweifelt. In der Geologie gab es sogar Jahrzehnte lang eine starke Partei, welche nicht nur die Schichten, sondern alle Gestalten der Erdoberfläche, die Erhöhungen, wie die Vertiefungen, als Ablagerungen oder Wirkungen des Wassers oder Folgen alleiniger Wasserwirkung erklären zu können glaubte und heftige, selbst leidenschaftliche Kämpfe sind zwischen dieser Partei, den sogenannten Neptunisten und ihren Gegnern, den Vulkanisten oder Plutonisten geführt worden. Heute weiß man bestimmt, daß die Meinung der Neptunisten falsch und einseitig war. Vorgefaßte unwissenschaftliche Ideen bildeten vermuthlich bei Diesem und Jenem von ihnen die Grundlage seiner Lehre. Man wollte es offenbar um keinen Preis zugeben, daß so unfriedliche, in keiner Weise mit der Idee von einer göttlichen Ordnung zu vereinigende Gewalten, wie die erdinneren Gluthmassen, die Erdoberfläche mitgebaut, die Gebirge aufgerichtet haben sollen, und noch jetzt giebt es Leute genug in der Wissenschaft, welche mehr oder weniger geneigt sind, die Wirkungen oder die Bedeutung der etwas revolutionär aussehenden vulkanischen Kräfte zu leugnen. Von Vorurtheilen erfüllten schwächlichen Gemüthern gefiel das Wasser und seine Thätigkeit von jeher etwas besser, als das Feuer, und der Umstand,

daß die Arbeit des Wassers keine solche „von unten auf" zu sein scheint, spielte hierbei vielleicht eine größere Rolle, als man im ersten Augenblick für möglich halten möchte.

Das Wasser hatte seinen guten Antheil an der Bildung der Erdoberfläche, aber es war nicht die alleinige Macht, welche die Gestalten unserer Länder und Gebirge schuf.

Wo allein das Wasser thätig ist, dort arbeitet es im Allgemeinen stets nur daran, bestehende Unebenheiten der Erdoberfläche zu beseitigen. Dieses Resultat tritt ein sowohl bei dem Felsen, dem Berge, der durch Unterspülung, Auswaschung seines Innern allmälig an Halt verliert und zusammenstürzt, wie es bei dem Einsturz des Roßberges in der Schweiz am 2. September 1806 geschah, wobei die Dörfer Goldau, Busingen und Lowerz verschüttet und an 440 Menschen getödtet wurden; es tritt ein in und an den Flußläufen, an den Küsten und auf dem Grunde des Meeres, indem Erhöhungen abgeschwemmt, Vertiefungen ausgefüllt werden. Unter der alleinigen Wirkung des Wassers würden allmälig alle großen Erhebungen, alle Gebirge von der Erde verschwinden; alles Land würde im Meer versenkt werden und auf dem Boden desselben würden nur Sandhügel, Anschwemmungen von Lehm, Wellenland u. dergl. entstehen, wie sie in den ebenen niederen Gegenden zu sehen sind.

Die Sedimentmassen sind gleich den Eruptivgesteinen zu $^9/_{10}$ Kieselerde, Thonerde, Eisenerz und Kalkerde, zu $^3/_4$ allein Kieselerde, wie es ja sein muß, wenn die Sedimente als Abschwemmungen des Wassers ursprünglich von den Urgesteinen und den aus dem Innern heraufgebrochenen Eruptivgesteinen herrühren. Außer denjenigen Sedimenten, welche sich aus solchen Hauptbestandtheilen der Erde, verbunden mit den sonstigen Stoffen, wie Kalium, Magnesium,

Wasserstoff, Schwefel u. s. w. zusammensetzen, giebt es Sedimentmassen, die etwas mehr ausschließlich aus gewissen selteneren Elementen bestehen, wie namentlich die Steinsalzlager und die mehrerwähnten kohlenstoffhaltigen Lager.

Obwohl nun die Sedimentmassen sich hauptsächlich nur aus wenigen Elementen zusammensetzen, so sind diese Bestandtheile doch so verschiedenartig gemischt und miteinander verbunden, mit anderen selteneren Stoffen versetzt, durch Alter und Belastung, durch Einflüsse von Hitze oder Wasser oder chemisch verändert, so daß zahlreiche Unterschiede in Zusammensetzung, Härte, Farbe, im inneren Gefüge und in sonstigen Eigenschaften wahrzunehmen sind; man kann leicht 80 bis 100 verschiedene Arten von solchen Schichten (die metamorphischen Gesteine nicht mitgerechnet) unterscheiden, außerdem eine große Anzahl Zwischenarten, Uebergänge u. dgl. Alle diese Schichtenarten hat man in vier Altersklassen getrennt, die man Formationen nennt, nämlich:

die Primärformation (paläozoische Periode),
die Sekundärformation (mesozoische Periode),
die Tertiärformation (Molasse-Periode),
die Quartärformation (Diluvial- und Alluvial-Periode).

Dabei umfaßt die Primärformation die ältesten der Schichten, die Quartärformation die jüngsten.

Zu den ältesten Ablagerungen, zur **Primärformation** zählt man hauptsächlich:

die Schichten der Grauwacke oder die Uebergangsformation, deren älteste den metamorphischen Gesteinen sehr ähnlich, ja mehrfach kaum von diesen zu unterscheiden sind, nämlich die kambrischen, die silurischen und die devonischen Schichten, benannt nach den Orten der ersten Entdeckung oder Unterscheidung in England, vorherrschend aus Thonschiefer, Kalkstein oder Sandstein bestehend, mit Einlage-

rungen von Kieselschiefer, Quarzschiefer und anderen Gesteinen, aufgefunden in vielen Gebirgsgegenden Deutschlands, Frankreichs, Englands, Spaniens, Skandinaviens u. s. w.,

die Schichten der Steinkohlenformation und zwar die Schichten der Kulm- oder sogenannten Kohlenkalkformation und die der eigentlichen Kohlenformation, wesentlich bestehend in Wechsellagerungen von grauem Sandstein, Schieferthon, Kalkstein, Kieselschiefer und in den älteren Schichten auch aus Thonschiefer, welche Lagerungen in verschiedenen Gegenden Steinkohlenschichten enthalten, verbreitet in Europa besonders in Deutschland, im Alpengebiet, in Frankreich, Belgien, England, Spanien und Rußland,

und die Schichten der sogenannten Permischen oder Dyasformation, nämlich die Schichten des Rothliegenden und des Zechsteins, erstere wesentlich aus grob gemengten Gesteinen (Konglomeraten), Sandsteinen, auch aus thonigen, kohlehaltigen und anderen Gesteinlagern, letztere aus verschiedenen Kalksteinarten, schieferigen Gemengsteinen (schieferigem Mergel) bestehend, in verschiedenen Gegenden bekannt. In den Schichten dieser Formation tritt auch vielfach Gips, Steinsalz, kupferhaltiges Gestein auf.

Zu den **Ablagerungen der Sekundärformation** werden gerechnet:

die Schichten der Trias-(Drei-)Formation, wesentlich die Schichten des Buntsandsteins, des Muschelkalks und der Keuperformation, vorherrschend bestehend aus Lagern bunten Sandsteins, Dolomits, aus sandigen und mergeligen Ablagerungen, auch mit Einlagerungen von buntem Schieferthon, Mergel, Gips, Steinsalz, älteren Braunkohlen (zwischen den Keuperschichten) u. a., zu finden in Westdeutschland, Schlesien, Ostfrankreich, im Alpengebiet, in England, Polen u. a.,

die Schichten der Juraformation (benannt nach dem

Juragebirge), nämlich die der Formation des schwarzen Jura (Lias), des braunen und weißen Jura (eigentliche Juraformation) und die der sogenannten Wielden- und Deister- und der titonischen Formation, hauptsächlich Lagerungen von hellem bis schwarzem Kalkstein, Schieferthon, Mergel und Mergelschiefer, Sandstein, Dolomit, auch Thoneisenstein und Steinkohlen, sehr verbreitet in Frankreich, Deutschland, England, Italien, Polen, östlich des adriatischen Meeres u. s. w.,

und die Schichten der Kreideformation und zwar die der sogenannten Neokomformation, des Quadersandsteins und der eigentlichen Kreide, wesentlich Schichten aus Kreide und anderen Kalksteinen, Mergel, Thon und Sandsteinen, welche in Frankreich, Deutschland, in der Schweiz, auf der Balkan-Halbinsel, in England, Südrußland und anderen Ländern zu Tage treten.

Zu den **Schichten der Tertiärformation** gehören:

die eocänen (älteren) Ablagerungen: wesentlich jüngerer Sandstein, Kalkstein, schieferiger Thon, sandiger Schieferthon und Konglomerate, auch Braunkohlen, in Europa besonders häufig aufgefunden in Spanien, Sizilien, in den Karpathen und in Südrußland,

die miocänen (mittelalten) Ablagerungen: zusammenhängende Sandmassen, jüngerer Sandstein, Thon, Mergel, Kalkstein und anderes, zwischen welchen Schichten an verschiedenen Stellen sich häufiger, als in den Ablagerungen anderer Formationen, Braunkohlenlager und Steinsalzlager finden, in Europa namentlich in Spanien, Frankreich, der Schweiz, Oesterreich, Ungarn und Galizien zu Tage tretend,

und die pliocänen (neueren) Ablagerungen, in festeren Sand- und Mergelschichten, Kalkmassen, jüngeren Braunkohlen u. s. w. bestehend, vorzufinden besonders in Italien, Frankreich, England, am schwarzen Meere u. a. Ländern.

Zu den **Ablagerungen der Quartärformation** zählt man:

die Schichten des Diluviums (alte Bezeichnung, anknüpfend an die alten Sagen von der Sündfluth (Diluvium): Ablagerungen von Sand, Kies, Geröll und Geschieben, Thon (Lehm, Löß), kalkigen Massen, Lagern von älterem Torf, besonders in den Tiefländern verbreitet,

und die Anschwemmungen und Ablagerungen des Alluviums, oder die rezenten Ablagerungen: die jüngsten letzten Sedimente in der Erdentwicklung, bestehend aus Sand und Kies, thonigen (lehmigen) und kalkigen Ablagerungen, Schlammmassen, Torflagern u. dergl.

Man sieht aus dieser Aufzählung: Aus Sandmassen in Form von Sandstein oder losem Sand, aus Thon- und Kalkgesteinen u. s. w. bestehen in allen Formationen die Hauptlager. Ob z. B. der Sand eine lose Masse oder zu einem festen Gestein durch thonigen oder kieselerdigen oder gemengten Kitt zu Sandstein verkittet ist — fast immer bilden Quarzkörner oder überhaupt Kieselerde-Körner die Grundmasse. Mit den übrigen Erden und Gesteinen verhält sich's ebenso. Der Altersunterschied der verschiedenen Schichten zeigt sich vor Allem in dem Unterschiede der Festigkeit ihrer Gesteine und Massen. Je älter die Ablagerungen, desto fester sind sie im Allgemeinen auch. So ist Thon (wesentlich eine Verbindung von Kieselerde und Thonerde) in den jüngsten Formationen thoniger oder lehmiger Schlamm, in den älteren schieferiger Thon, in den ältesten festester Thonschiefer und Thonstein. Die Stufenfolge in der Umbildung der kohlenstoffhaltigen Massen wurde schon oben Seite 173 besprochen. Gesteinarten, welche sich sowohl in älteren, wie jüngeren Ablagerungen finden, werden oft nach den Formationen benannt, zu welchen sie gehören; so unterscheidet man Tertiärkalk, Jurakalk (der nicht nur im

Juragebirge gefunden wird), Kohlenkalk, Silurkalk u. s. w., Tertiärsandstein, Kreidesandstein, Jurasandstein, Grauwackensandstein u. s. w.

Wir dürfen nun nicht glauben, daß alle jene Schichten in der angegebenen Reihenfolge an jeder Stelle in der Erde und vollzählig übereinanderliegen. Die Zusammenfassung aller Schichtengattungen, die man auf oder in der Erde bis jetzt auffand, in die Reihe der vier Formationen hat gar nichts mit der Frage zu thun, wie viel Schichten und welche hier oder dort in der Erde übereinanderlagern. Die Formationen sind nur eine Eintheilung aller Sediment-schichten-Arten nach ihrem Alter. Zwei solche Arten, die hinsichtlich ihres Alters nahe zusammengehören, können an ganz entgegengesetzten Stellen der Erde abgelagert worden sein; sie brauchen also auch nicht in der Erde untereinanderzuliegen. Würden wir in die Erdrinde, so tief die sedimentären Schichten reichen, hinabgraben, so fänden wir ja im Allgemeinen um so ältere Schichten, je tiefer wir kämen; überall aber würde die gesammte Ablagerung nur aus einer beschränkten Zahl von Schichten bestehen; hier würde sich diese Schichtart, dort jene finden, ähnlich wie in der Völkergeschichte die verschiedenen Ereignisse nicht alle an einem Ort passirt sind, wenn man sie auch auf dem Papier ihrer Zeitfolge nach hintereinanderstellen kann. Die Abbildungen der Formationen, wie man sie in manchen populären Werken findet, welche die Erdentwicklung behandeln, bei denen sämmtliche Schichtengattungen wohlgeordnet nach dem Alter übereinander gelagert erscheinen, entsprechen in keiner Weise der Wirklichkeit.

Ebenso wäre es falsch, die Gesammtstärke der sedimentären Ablagerungen aus der Stärke aller einzelnen bekannten Schichten durch Zusammenzählung zu berechnen.

Man würde so zu jenen hohen Zahlen (bis 6 Meilen) gelangen, die man hier und da als Gesammtstärke der Sedimentschichtung angiebt. Man ist noch nicht tiefer in die Erde eingedrungen, als etwa 1300 Meter, wie schon früher erwähnt, und es konnte die Gesammtauflagerung von Sedimentmassen nicht gemessen werden. Schätzt man diese Gesammtauflagerung aber nach den Ausdehnungen der emporgehobenen Schichten an Gebirgen (wovon sogleich die Rede sein wird), so findet man, daß sie vielleicht nirgends 7000 bis 8000 Meter überschreitet. Die durchschnittliche Stärke des sedimentären Theils der Erdrinde dürfte, ganz ungefähr genommen, 5000 Meter betragen — gewiß noch eine ganz respektable Dicke für Wasserablagerungen!

Aber auch die Altersfolge und Lage der Schichten in der Erde ist in hohem Grade gestört. Wäre die Ablagerung der Sedimentmassen ununterbrochen und stetig vor sich gegangen, so müßten die ältesten Schichten zuunterst, die jüngsten überall obenauf liegen, und die ganze Oberfläche der Erde müßte aus alluvialen Ablagerungen gebildet erscheinen. Von den älteren und ältesten, also auch tiefer liegenden Schichten würden wir dann gar nichts wissen. Aber es liegen oben an der Oberfläche nicht nur die jüngsten Schichten, sondern alle möglichen von jeder Altersklasse, von den ältesten bis zu den jüngsten. An zahllosen Stellen grenzen an oder nahe der Oberfläche Schichten aus ganz verschiedenen sedimentären Perioden aneinander. Hier bei Liegnitz — um nur einige Beispiele anzuführen — findet man nahe der Oberfläche quartäre Ablagerungen neben tertiären, ebenso an vielen Stellen Nord- und Mitteldeutschlands; östlich von Berlin grenzen Triaslager an Erdmassen aus den jüngsten Formationen. Bei Stuttgart zeigen sich Schichten der Triasformation

(Buntsandstein) an der Grenze von Juralagern, ebenso auf einer langen Linie von Württemberg über Gunzenhausen, dann unweit Nürnberg bis Bamberg. Unterhalb Hamburg (bei Glückstadt und Stade) liegt die Kreide der Sekundärzeit bei Ablagerungen der jüngsten Perioden, so auch auf der Insel Rügen, in Westfalen, bei Hannover, in Mecklenburg und anderen Orten; rechts des Rheins von Bonn bis Duisburg, sowie links bei Gemünd sind sogar älteste Sedimentmassen in der nächsten Nachbarschaft von den Ablagerungen der Quartärformation zu finden. Besonders in den Gebirgsgegenden herrscht in dieser Beziehung die größte Mannichfaltigkeit.

Wie nun die Untersuchung der Gebirge lehrt, sind die älteren und ältesten Schichten dadurch an die Oberfläche der Erde gelangt, daß sie von innerirdischen und zwar vulkanischen Gewalten emporgehoben, auch durchbrochen, aufgerichtet, durcheinander gerüttelt, und stellenweise sogar umgestürzt wurden. Infolge der vulkanischen und eruptiven Erhebungen fanden möglicherweise auch vielfach Zusammenschiebungen der umliegenden Erdkruste statt, wobei Faltung, Aufwerfung, Wölbung und Verbiegung der Erdschichten etwa so entstanden sein mag, wie die Falten und Unebenheiten eines Tischtuches entstehen, wenn man es auf dem Tische etwas zusammenschiebt. Auch hieraus mußte, wie leicht einzusehen, Freilegung und Erhebung untenliegender Schichten hervorgehen, zumal dann, wenn die deckenden obersten Schichten der abschwemmenden Thätigkeit des Wassers verfielen.

Indem so die Schichten aus ihrer Lage gerückt, emporgehoben, verworfen wurden, kamen die Ablagerungen stellenweise in derselben Reihenfolge neben- oder hintereinander zu liegen, in der sie vorher übereinander in der Tiefe

gelegen haben. Das ist beispielsweise besonders schön nördlich vom Riesengebirge in Schlesien der Fall, wo an der Oberfläche Ablagerungen aller vier Formationen (freilich nicht alle Schichtengattungen) ihrem Alter nach vom Gebirge an abwärts einander folgen. Oft findet man Schichten schräg und aufgerichtet, verworfen und verbogen, die unweit

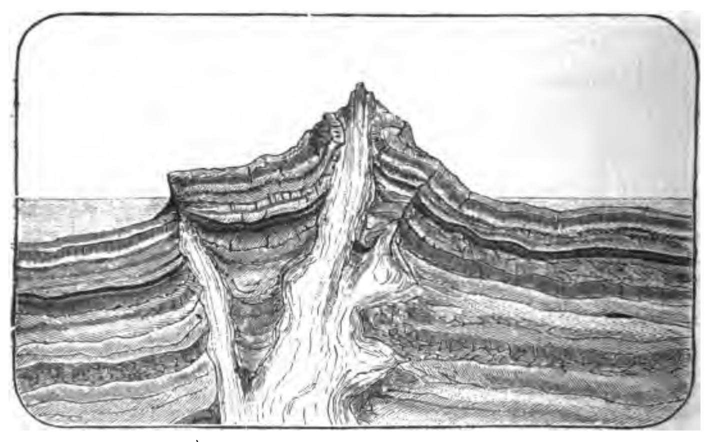


Abb. 80. Erhebung und Durchbrechung von Sedimentschichten durch Eruptivmassen. (Original-Zeichnung des Verfassers.)

davon in derselben Reihenfolge und Zusammensetzung horizontal liegen. Die nachträgliche Veränderung und Störung der Lage durch bestimmte Gewalten ist dann erwiesen. Das früher berühmt gewesene Powis Castle in England z. B. ist auf einer Reihe lothrecht aufragender Schichten erbaut, die in derselben Folge unfern davon horizontal oder wenig geneigt lagert.

Ein unverkennbarer Beweis dafür, daß die Erdoberfläche, soweit sich geschichtete wechselnde Massen vorfinden, eine Anzahl Störungen und Veränderungen in der Höhenlage erfahren hat, liegt in der Abwechselung der Schichtungen,

d. h. in dem Umstande, daß die übereinanderliegenden Sedimentmassen deutliche schichtenweise Abgrenzungen und Unterscheidungen zeigen. Die ausgebreiteten Diluvialschichten des norddeutsch-polnischen Tieflandes z. B. konnten sich nur absetzen, wenn dieses Land vom Meer überfluthet war. Da dies jetzt nicht der Fall ist, so muß sich das Land aus dem Meere

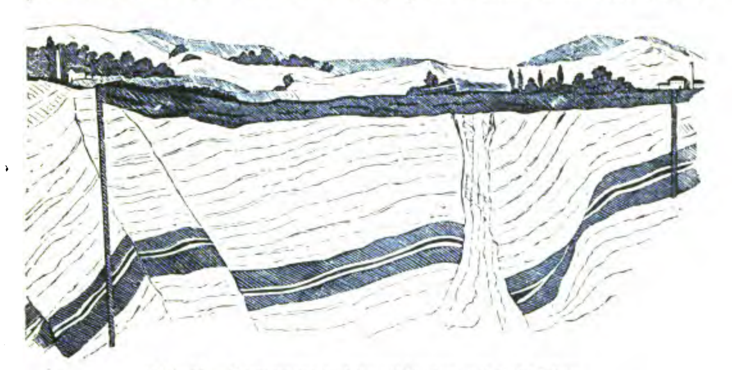


Abb. 31. Verworfene Sedimentschichten mit Kohlenflötz.

gehoben haben oder das Meer ist zurückgetreten. In jedem Fall handelt es sich hier um eine bedeutende Veränderung der Oberflächenverhältnisse. Daß Norddeutschland zu Zeiten des Diluviums Meeresgrund war, dafür ist noch ein ganz besonderes Anzeichen vorhanden. Die Kieselsteine Norddeutschlands finden sich in jeder Größe, von den kleinsten Sandkörnern bis zu Granitblöcken von Hausgröße; es sind das die sogenannten erratischen (verirrten) Blöcke. Diese Steine stimmen nun ihrer Zusammensetzung nach mit den skandinavischen Felsmassen im Norden Europas ganz überein; sie lagern ferner überall auf und in den diluvialen Oberflächenmassen ohne Zusammenhang mit diesen. Aus diesen Gründen sind die Geologen nicht mehr im Zweifel, daß diese Kiese und Blöcke vom europäischen Norden her-

stammen und zwar, daß sie von Eisbergen und Eisschollen von dorther über das norddeutsche Diluvial-Meer getragen worden und an verschiedenen Stellen beim Schmelzen ihrer Eisfahrzeuge zu Boden gefallen sind, so wie das heute noch in den Ozeanen geschieht. Die Eisberge und Schollen des nördlichen Polarmeeres z. B. erscheinen im atlantischen Ozean, an der nordamerikanischen Seite nach Süden treibend, bis in der Zone (Breite) von New-York, also in der Breitenzone Spaniens und Italiens, und bis hierher werden die polaren Steinmassen im Ozean verstreut, welche von den Eiskolossen als miteingefrorene Massen von den Küsten und Felsen der Polarländer (Abbildung 32) abgerissen und davon geführt wurden.

Indem nun später — freilich schon vor so und so viel tausend Jahren — Norddeutschland, Polen 2c. in eine höhere Lage kam, wurde der Prozeß der Ablagerung aus dem Meere unterbrochen; aus dem Meeresboden wurden die gedachten Ländergebiete.

Hätte auf der Erde nie eine Erhöhung der einzelnen Erdstriche stattgefunden, wäre die Ablagerung der Urmeere nie unterbrochen worden, so mußte die Aufschichtung am Meeresgrunde wohl allmälig geringer werden, sich auch nach und nach etwas in ihrer Zusammensetzung ändern (je nach dem Material der Erdmassen, welches zur Abschwemmung kam), aber es wäre wahrscheinlich keine Reihe, keine Lagerung von Schichten mit abgegrenzten Unterschieden entstanden, sondern nur eine mehr einheitliche Schichtung mit allmäligen Uebergängen. Eine solche Schichtung aber, wie wir sie in der Erdkruste vorfinden, ist nur möglich bei abwechselnden Hebungen und Senkungen der Länder, bei gewaltsamen, theils plötzlichen, theils allmäligen Veränderungen in der Höhenlage

der Erdrinde. Durch solche Veränderungen wurden immer wieder andere Erd- und Gebirgsmassen dem Wasser und dessen auflösender Thätigkeit ausgesetzt, immer wieder andere Flächen dienten als Meeresboden und Ablagerungsgründe. Bisherige Ablagerungsgebiete wurden durch Erhebung über die Meeresfläche der weiteren Belegung mit Bodensätzen



Abb. 32. Gletscher an der Küste von Spitzbergen.

immer wieder entzogen, andere Schichtmassen, deren Aufschüttung vor fünfzig-, vor hundert-, vor fünfhunderttausend Jahren unterbrochen worden, deren Oberfläche längst trockenes Land und Wohnplatz von Landthieren und vielleicht auch von Menschen geworden war, durch Wiederversenkung unter den Meeresspiegel zur Unterlage für weitere Ablagerungen. Es wird kaum ein einziges Stück Land auf der ganzen Erde zu finden sein, über welches nicht schon vielmal die Wogen vorgeschichtlicher Meere gegangen sind; bisher fanden sich überall, mit Ausnahme der Stellen, wo die Durchbruchsgesteine zu Tage liegen, sedimentäre Meeres-Ablagerungen.

Es ist hier von Wichtigkeit zu erfahren, daß sich auch in den jüngsten Zeiten der Erdentwicklung, selbst in unserer Gegenwart noch Veränderungen der gedachten Art vollzogen haben und vollziehen, allmälige wie plötzliche. Noch heute versinken Inseln, ganze Länder langsam unter den Spiegel des Meeres, wie beispielsweise östliche Theile von England, die Westküste Frankreichs, Holland, sehr bemerklich aber Südschweden, mitunter (bei Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen u. dergl.) ganz plötzlich kleinere Landstücke, wie kleine Inseln, Küstenstriche und Landzungen. In Malmö, wie in Trelleborg in Schweden fand man mehrere Fuß unter dem jetzigen Hochwasserstande altes Straßenpflaster in der Erde unter den jetzigen Straßen und durch mehrere Naturforscher ist festgestellt worden, daß in diesem Theil von Schweden mindestens seit dem vorigen Jahrhundert eine verhältnißmäßig rasche Senkung des Landes stattfindet. An den Küsten von Westeuropa finden sich unter dem jetzigen Meeresspiegel gut erhaltene Reste von ehemaligen Wäldern aus jüngeren Zeiten, deren Bäume mit den jetzigen Baumarten genau übereinstimmen. An der Nordwestküste von Frankreich sind unter der Meeresfläche in Tiefen bis 20 Meter unter dem Hochwasserstande Spuren von Wäldern und sogar von menschlichen Gebäuden entdeckt worden. Pfaff schreibt („Die vulkanischen Erscheinungen“, München 1874), daß Nachrichten aus dem 8. Jahrhundert vorliegen, nach denen einzelne Landstriche plötzlich versunken sind. Aehnliche Thatsachen sind von Grönland bekannt geworden.

Auch Erhebung von Ländern findet in unseren Zeiten statt, plötzliche sowohl, wie allmälige. Nach dem heftigen Erdbeben, welches am 19. November 1822 einen großen Theil der südamerikanischen Westküste heimsuchte, stellte sich heraus, daß das Land um Valparaiso 3 Fuß, das um

Quintero um etwa 4 Fuß höher lag, als vorher, und weiter im Innern des Landes war die Erhebung noch größer, wie aus der Vermehrung des Gefälles eines Flusses, der eine Mühle treibt, erkannt wurde. Auch später, wie z. B. im Jahre 1835, traten in jenen Gegenden Erhebungen des Landes, wie auch des Meeresgrundes auf. Die nähere Untersuchung der südamerikanischen Küste zeigte ferner, daß das ganze dortige Land vor gar nicht sehr langer Zeit noch mehrere hundert Fuß tiefer gelegen habe, als jetzt. Man fand nämlich alte Strandlinien (bezeichnet neben anderen Merkmalen namentlich durch Muscheln und Reste von Meerthieren, die in den Meeren jener Erdgegend leben) in Höhen von 3 bis über 300 Fuß über dem jetzigen Meeresspiegel. Auch im Osten von Südamerika, in Patagonien und Argentina, ist eine früher tiefere Lage des Landes (in Patagonien bis zu 400 Fuß) von Darwin und anderen Forschern konstatirt worden. Wegen der deutlichen Abzeichnung dieser Strandlinien, die auf zeitweise Stillstände der Meerhöhe hindeutet, sowie wegen der besonderen Beschaffenheit der aufgefundenen Thierreste ist anzunehmen, daß die Erhebung der Länder in plötzlichen Einzelerhebungen, gleich den erwähnten wirklich beobachteten an der Westküste, vor sich gegangen sei.

An der Westküste von Indien (allgemeine Hebungen und Senkungen von Ländern werden selbstredend am leichtesten an Seeküsten wahrgenommen) in der Gegend der Indusmündungen erhob sich während des Erdbebens vom Jahre 1819 ein Landstrich von ungefähr 10 Meilen Länge, stellenweise an 4 Meilen Breite und bis zu 10 Fuß Höhe. Im Jahre 1855 wurde auf Neuseeland infolge eines Erdbebens eine Landfläche, noch etwas größer als ganz Holstein, bis zu 9 Fuß Höhe erhoben.

Wichtig für die geologische Wissenschaft war die Feststellung des ausgezeichneten Erdforschers Leopold v. Buch (veröffentlicht im Jahre 1807), daß sich die skandinavische Halbinsel, hauptsächlich der nördliche Theil, in den letzten Jahrhunderten um beträchtliche Höhen allmälig gehoben habe, was später durch andere Forscher bestätigt wurde. Sogar in Höhen von 600 Fuß fanden sich Meeres-Ablagerungen von Muschelthieren, die noch jetzt in dem dortigen Meerwasser leben. Daß sich das Land erhoben und nicht etwa das Meer gesunken, zeigte sich auf's Klarste, als zum Zweck der Untersuchung in die Felsen der Küste in verschiedenen Gegenden eingehauene Zeichen sich nach Jahren in ungleichem Maaße über den Wasserspiegel erhoben hatten, was nur mit der Annahme einer (ungleichen) Erhebung des Landes, nicht aber mit der einer bloßen Senkung der Wasserfläche vereinigt werden kann. Hierbei zeigte sich auch das vorhin erwähnte Sinken Südschwedens. In gleicher Weise haben sich langsam und unausgesetzt, oder auch in einzelnen raschen Erhebungen, noch viele andere Länder gehoben, z. B. der Norden Rußlands und Asiens, die Insel Spitzbergen, der Westen Englands (Anzeichen reichen hier bis zu 1300 Fuß Höhe), der Süden Spaniens, die Insel Sizilien, wo die Gesammterhebung namentlich bei Palermo und am Aetna (Abbildung 35 — hier bis zu 1000 Fuß) festgestellt wurde. Auch von verschiedenen anderen Gegenden des Erdballs sind Erhebungen des Landes und des Meeresgrundes aus dem jüngsten Erdalter wahrscheinlich geworden.

Ganze Länder können neu entstehen, wenn Meeresboden in großen Flächen allmälig bis über die Wasseroberfläche heraus erhoben wird, denn Länder sind ja nichts weiter, als Erdbodenflächen, welche aus dem Meere herausgetreten sind. Wie aber sind nun diese Erhebungen, wie sind die Länder,

die Kontinente, die Gebirge und Hochebenen zu erklären, in welcher Weise sind sie entstanden? Was für Gewalten können es gewesen sein, die das Land vom Wasser schieden, Inseln aus dem Meere hoben, Felsen und Höhenzüge der wolkenhohen Gebirge aufwarfen?

Die Ursachen aller dieser Vorgänge können nur gefunden werden im Vulkanismus oder Plutonismus, worunter wir, ganz allgemein genommen, die Wirkungen der Gluthhitze im Innern des Erdkörpers auf die Oberflächenverhältnisse verstehen wollen. In welcher Weise diese Wirkungen veranlaßt wurden und werden, das ist freilich noch eine vielumstrittene Frage; doch kommt man nach sorgfältiger Erwägung aller einschlägigen Thatsachen und Erscheinungen zu der Ueberzeugung, daß das Wasser von jeher eine wesentliche Rolle dabei spielte, und zwar erscheint der Vulkanismus (im Besonderen) als ein Kampf zwischen dem Wasser der Erdrinde und der Glühhitze im Innern.

Glühende Massen und Wasser vertragen sich nicht; tritt Wasser in Berührung mit solchen Massen, so wird es verdampft, oder die Gluth verlöscht. In jedem Falle erleiden beide Theile Einbuße. Nach dem Ende der Sonnenzeit der Erde, als das Wasser noch nicht dauernd auf der heißen Kruste als Flüssigkeit verbleiben konnte, da brachten die niederfallenden Gewässer hauptsächlich nur schnellere Abkühlung der Erdkruste zuwege, aber die entwickelten Dampfmassen konnten noch ungehindert emporsteigen. Doch mit zunehmender Abkühlung und dem Anwachsen und Dickerwerden der kühlen Erdrinde wurde der Kampfplatz beider feindlichen Gewalten mehr und mehr in das Innere der Erde, unter die Oberfläche verlegt. Wie bereits (Seite 176) dargelegt, ist das Wasser der erdinnern Gluth gleichsam stets auf den Fersen; es dringt, worüber gar kein Zweifel

bestehen kann, durch die porösen Gesteinmassen, durch zahlreich vorhandene Spalten und Klüfte derselben immer weiter nach unten, bezw. nach innen, sammelt sich nothwendig auch in Höhlen, Klüften u. dergl. an. Die Dämpfe, welche im Innern der Erdrinde entstehen müssen, sobald das Wasser dort mit heißen oder gar glühenden Gesteinen in Berührung tritt, können nun nicht ohne Wirkung und Folgen für die Erdoberfläche bleiben. Stellen wir uns diese Wirkungen, wie sie auf Grund der Naturgesetze eintreten müssen, einmal vor!

Wasserdampf nimmt, wie bekannt, einen viel größeren Raum ein, als das Wasser, woraus er entstand; außerdem entwickelt er im eingeschlossenen Raume großartige Spannungskräfte, die wir mittelst unserer Dampfmaschinen zur schweren Arbeit benützen, die indessen auch recht gefährlich werden können, wie die Dampfkessel-Explosionen zeigen. Es sind nun wesentlich folgende zwei Fälle möglich: Entweder das Wasser dringt mehr oder weniger gleichmäßig und ununterbrochen durch vorhandene verhältnißmäßig enge Spalten und durch die sonstigen kleineren Zwischenräume der Erdmassen nach den heißen Schichten, oder: es treten große Mengen von Wasser plötzlich in Berührung mit heißen Gesteinmassen. Die erste Art des Wassereindringens wird so ziemlich überall und zu allen Zeiten vor sich gehen; findet nun kein genügender Abzug der entwickelten Dämpfe statt, so müssen sich Dampfanhäufungen, nach oben wie nach unten drückende und treibende Dampfmassen bilden, und diese müssen unter solchen Umständen allmälige Auftreibungen, Aufblähungen und Erhebungen der darüber lagernden Schichten und Erdmassen erzeugen, indem sie die wärmeren Erdmassen durchdringen, ausdehnen, die Poren und Zwischenräume auseinandertreiben, vergrößern, oder auch, indem sie

blasenartig die darüber befindlichen Erdmassen an vielen Stellen wölben und heben. Hierbei muß wohl ein großer Theil der Wasserdämpfe, durch Poren und Risse aufsteigend, in kühleren Erdmassen sich wieder zu Wasser verdichten; die Erhebung des Landes muß aber schon stattfinden, wenn unausgesetzt mehr Dampf entwickelt wird, als entweicht. Auch die kühleren Erdmassen, in denen eine Kondensation der Dämpfe stattfindet, müssen sich durch die dabei frei werdende Wärme ausdehnen, Erhebung und Aufblähung der Erdrinde veranlassen und das wird wiederum nur an solchen Stellen besonders ausgiebig erfolgen, wo viel Dampf verdichtet wird. In jedem dieser Fälle aber ist innere Erdwärme die ursächliche Kraft. In dieser Weise sind die ersten Erhebungen großer Theile der Erdoberfläche im Wesentlichen nur allein — wie es scheinen will — ausreichend zu erklären.[57])

Wenn eine bedeutende Aenderung in der Größe der Spalten und Zugänge oder in der Wasserzufuhr nicht eintritt, so kann die Erhebung großer Gebiete der Erdoberfläche zu einem Jahrhunderte und Jahrtausende dauernden Vorgange werden, wie es bei den meisten Landerhebungen thatsächlich der Fall gewesen sein wird.

Die auf solche Weise erhobenen und aufgeblähten Ländermassen müssen nun vermöge ihres Gewichts, gleich den Wasserdämpfen selbst, mehr als vorher (entsprechend dem Betrage der Erhebung) nach unten drücken und lasten; der so ausgeübte Druck aber muß sich nothwendig bis auf die glühendflüssigen und weichen Massen unter der Erdkruste fortpflanzen. Diese Massen entweichen dann dahin, wo sich ihnen die nächsten Auswege bieten, wie es bei jeder Pressung von weichen oder flüssigen Stoffen stattfindet. Sind nun in der Erdrinde Spalten und Klüfte oder gelockerte,

zerklüftete Stellen vorhanden, welche bis tief hinab zu den glühendflüssigen Massen reichen, so werden diese Massen (und zwar nicht nur die den erhobenen drückenden Landmassen zunächst gelegenen, sondern alle Massen in einem weiten Umkreise, soweit der Druck fortgepflanzt wird), naturgemäß in solchen Spalten und Zerklüftungen heraufdringen, oben Auswege suchen, Auftreibungen der Sedimentmassen über den Spalten bewirken; es müssen dann örtliche Erhebungen auf dem Meeresboden, wie auf bereits erhobenem Lande, Inseln, Hochebenen und Gebirge entstehen. So erzeugt eine Erhebung die andere. Die Schichten werden hierbei gehoben, gewölbt, zuletzt durchbrochen und erleiden alle jene Veränderungen, die auf Seite 187 angegeben wurden.

Erfolgt der Durchbruch genügend rasch, so gelangen die Massen noch in glühendem und flüssigem Zustande an die Oberfläche, fließen oben über und bedecken als vulkanische Eruptivgesteine, als Lava (vergl. Abbildung 27), die obersten Sedimentschichten. Steigen aber die emporgepreßten glühenden Ströme (etwa wegen zu großer Zähigkeit und Dickflüssigkeit oder wegen zu schwachen Antriebes) in den Rissen und Spalten nur ganz langsam auf, vielleicht im Jahrhundert nur einige Fuß, so erstarren sie allmälig während des Aufsteigens in den oberen Erdmassen, bevor sie überfließen können. Sehr langsam heraufdrängende Durchbruchsmassen werden auch schon erstarren und erkalten, lange bevor sie die Oberfläche der Erde erreicht haben (vergl. Abbildung 30). So bilden sich die plutonischen Eruptivgesteine, die tiefer in der Erde erstarrten Durchbruchsmassen, welche gewöhnlich nur dann zu Tage treten, wenn die überdeckenden Schichten durch das Wasser abgeschwemmt werden.

Nach dieser Theorie müßten aber bei jedem Vulkan-

ausbruch die umliegenden Landmassen immer um so viel an Masse einsinken, so viel aus dem Vulkanschlunde ausfließt. Das wird auch wahrscheinlich der Fall sein. So groß auch die ausgestoßenen Lavamassen oft erscheinen, so

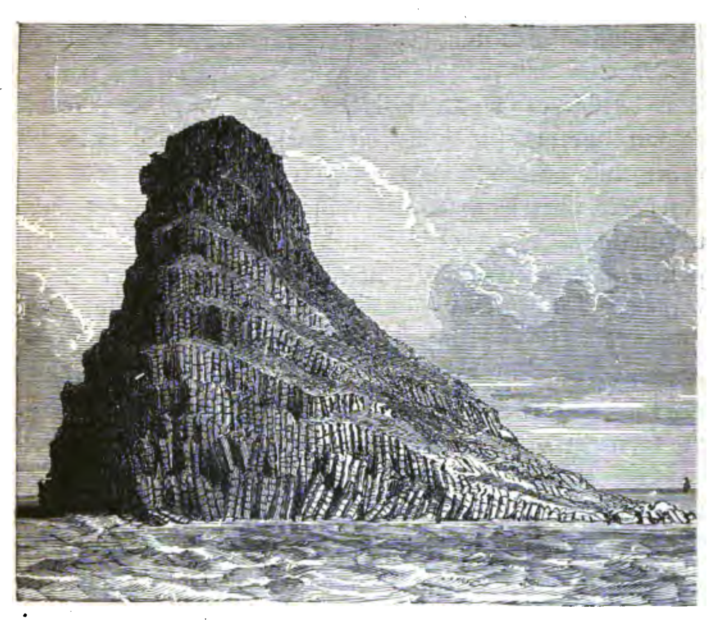


Abb. 33. Emporgedrungene Basaltmassen der Cyklopen-Insel.

wäre die entsprechende Senkung benachbarter Länder doch immer nur verschwindend gering und unmerkbar. Nehmen wir an, daß der Seite 147 angeführte ungeheure Lavaerguß des Skaptar-Jökul auf Island nur von dem benachbarten aufsteigenden Skandinavien aus der Erde gepreßt worden wäre, so würde die skandinavische Halbinsel während jenes Ausbruches doch nur um etwa 4 Zentimeter oder 1½ Zoll gesunken sein. Je größere Flächen wir aber als pressend

und drückend annehmen, desto kleiner fällt der Betrag ihrer Senkung aus.

Daß die glühenden Gesteinmassen in der beschriebenen Weise in der Erde emporgedrungen sind, das zeigt sich in der Ausfüllung von Spalten durch Eruptivgesteine, den sogenannten Gängen, die sich sehr zahlreich und überall in den Erd- und Felsmassen der Gebirgsgegenden vorfinden. Da durchsetzen die verschiedenen Eruptivgesteine: Granit, Basalt, Porphyr u. s. w. die Schichten sowohl, wie sich gegenseitig, erscheinen oben übergeflossen u. dergl. Was aber besonders interessant ist, das ist die Veränderung der Sedimentschichten an jenen Stellen, wo sie mit den Eruptivgesteinen in Berührung getreten und die in vielen Fällen Zeugniß dafür ablegen, daß jene Gesteine in glühendem Zustande, wie die Lava der Vulkane, in die Spalten eingedrungen sind. So sind Braunkohlen an den Grenzen durchsetzender Eruptivgesteine eine Art Anthrazit geworden, Kalkstein ist in Marmor verwandelt u. dergl.

Wie erklären sich aber die großen Kraftwirkungen und die gräßlichen Donner und Getöse, die sich oft wie ein Brüllen in der Erde anhören, das Gerassel und Geknatter bei vulkanischen Ausbrüchen und bei Erdbeben? Wie entstehen die ungeheuren Explosionskräfte der Vulkane, welche so erstaunlich große Massen glühender Mineralien, vulkanischen Staubes und Felskolosse bis zu Hunderten von Zentnern an Gewicht aus dem Innern der Erde hervorstoßen und oft bis über Wolkenhöhen emporschleudern? Der Vesuv z. B. warf während seines heftigen Ausbruchs im Jahre 1631 große Felskolosse aus seinem Schlunde bis 16 deutsche Meilen weit; ein solcher bei Malfi gefundener hatte ein Gewicht von 500 Zentnern. Hier kann die einfache Druckwirkung nicht ausreichen. Nur Gase und Dämpfe

sind zu derartigen Wirkungen geeignet. Dasselbe gilt von den Erdbeben. Deren furchtbaren Stöße versetzen den Erdboden oft Hunderttausende von Quadratmeilen weit in wellenförmige Schwingungen; so z. B. wurden durch das Erdbeben vom 1. November 1755 ganz West- und Mitteleuropa, das mittelländische Meer, Nordafrika, der nördliche Theil des atlantischen Ozeans, ja sogar große Theile Nordamerikas, im Ganzen über 700,000 Quadratmeilen erschüttert; das Erdbeben vom November 1837 in Chile erstreckte seine Wirkungen von Südamerika über den großen Ozean fast über 1/4 des ganzen Erdumfanges, ebenso das große peruanische Erdbeben vom August 1868. Diesen Ausdehnungen der Erschütterungsgebiete entsprechen auch die Wirkungen der Erdbeben in den Gegenden der eigentlichen Stöße. Da werden die Erdmassen in beispielloser Weise durcheinander gestoßen und geschüttelt, manchmal ganze Berge und Landstücke große Strecken weit versetzt; die Erde spaltet sich und es entstehen oft meilenlange klaffende Schluchten, in welche ganze Gefilde, Ortschaften hinabrutschen und versinken, Thäler werden ausgefüllt, Flüsse erfahren Veränderung ihres Laufes oder werden von der Erde ganz verschlungen und was dergleichen Umwälzungen mehr sind. Oft stürzen schon mit dem ersten Stoße sämmtliche Häuser der betroffenen Ortschaften ein; besonders leicht aber brechen dabei die Kirchen und andere hohe Gebäude zusammen.

Vulkanische Katastrophen, d. h. vulkanische Ereignisse mit explosionsartigem Charakter, müssen nun eintreten, sobald der andere Fall stattfindet, also wenn bedeutende Mengen von Wasser auf einmal mit den glühenden Massen in Berührung treten und zur Verdampfung kommen. Alle die Explosionswirkungen beim Schießen, bei Dampfkesselexplosionen u. dergl. beruhen z. B. gleichfalls auf plötzlicher

Entwicklung großer Mengen von Gas und Dampf, und so können wir uns auch die vulkanischen Schuß- und Stoßwirkungen als Wirkung großer, schnell entwickelter Massen von Wasserdampf erklären.

In der Frage nun, wie größere Wassermassen mit den glühenden Schmelzgesteinen des Erdinnern in Berührung treten können und unter welchen Umständen ein Erdbeben statt einer Eruption entsteht, scheint Falb in Wien die richtige Erklärung gefunden zu haben, nachdem schon Andere, namentlich Pfaff in Erlangen („Die vulkanischen Erscheinungen", München 1874) auf die Möglichkeit hingewiesen hatte, daß die Berührung von Wasser und heißen Massen infolge des Heraufdrängens dieser Massen herbeigeführt werden kann. Der erstere Gelehrte, der sich besonders eingehend mit der Erforschung der vulkanischen Erscheinungen beschäftigte, sagt hierüber wesentlich Folgendes („Umwälzungen im Weltall", Wien 1881): Eine vulkanische Explosion entsteht, sobald eine glühende Lavamasse, in einer Spalte oder einem Schlunde aufwärts steigend, auf größere innerirdische Wasserhöhlen oder Wasserschichten trifft. Eine solche Explosion stellt einen Vulkanausbruch dar, wenn sie bis über die Oberfläche der Erde hinauf zum Ausbruch kommt, dagegen entsteht ein Erdbeben, sofern sich die Explosion nur innerhalb der Erdmassen abspielt. Falb denkt sich dabei die innerirdischen Explosionen als eigentliche Ausbrüche, wie die der Vulkane an der Oberfläche, mit Ergießungen von Lava in die inneren Räume und Höhlen und mit Ausschleudern von Gesteinmassen u. s. w., die an die überliegenden Erdmassen anschlagen. Explosionsartige Durchbrüche jeder Art können übrigens auch bei allmäliger Dampf- und Gaswirkung eintreten, nämlich dann, wenn sich den heraufdrängenden Strömen bei der Eröffnung der Erdoberfläche oder der Vulkanschlünde

bedeutende Widerstände in den Erdmassen entgegenstemmen, die erst bei einem gewissen Grade der inneren Spannung besiegt werden können, aber auch dann, wenn sich innerirdische große Wasserbehälter infolge Reißen, Wegfallen und Rutschen von Erdmassen nach tieferen und heißeren Schichten entleeren.

Die Erscheinungen bei Ausbrüchen der feuerspeienden Berge, wie bei Erdbeben, entsprechen ganz den hier angegebenen Erklärungen. Nach vorangegangenem anhaltenden Toben, Donnern und Erschüttern der Erde eröffnen die inneren Spannungen mit furchtbarem Knallen und Krachen den Kraterschlund des Vulkans, treiben die verstopfenden Erd- und Lavamassen heraus, oft viele Tausende von Metern empor, glühende Steine und flüssige Lava, ungeheure Dampfmassen und feiner Lavastaub (gewöhnlich Asche genannt) durchwirbeln die Luft und die Dampfmassen verwandeln sich in verheerende Regengüsse, welche dann mit Gewittererscheinungen herniedergehen. Oft reißt auch der Berg auseinander, oder es entstehen neue Oeffnungen an den Seiten desselben, durch welche dann die Entladung zum Theil vor sich geht. Daß dabei oft die ganze umliegende Erdoberfläche, ebenso wie bei Erdbeben, gehoben wird und wieder zurücksinkt, zeigt sich bei Vulkanen, die am Meere liegen, besonders durch auffälliges Zurücktreten und nachheriges Wiederanschwellen des letzteren.

Die gewaltigsten Naturerscheinungen auf unserer Erde sind die vulkanischen Explosionen, und diese können nur von großartigen Ursachen hervorgebracht werden. Wir kennen nun keine anderen Faktoren in und auf unserem Erdkörper, die solche Wirkungen, wie die in Rede stehenden, hervorrufen könnten, als die ungeheure Gluthmasse des Erdinnern und die Wassermassen der Erdoberfläche. Wenn diese beiden

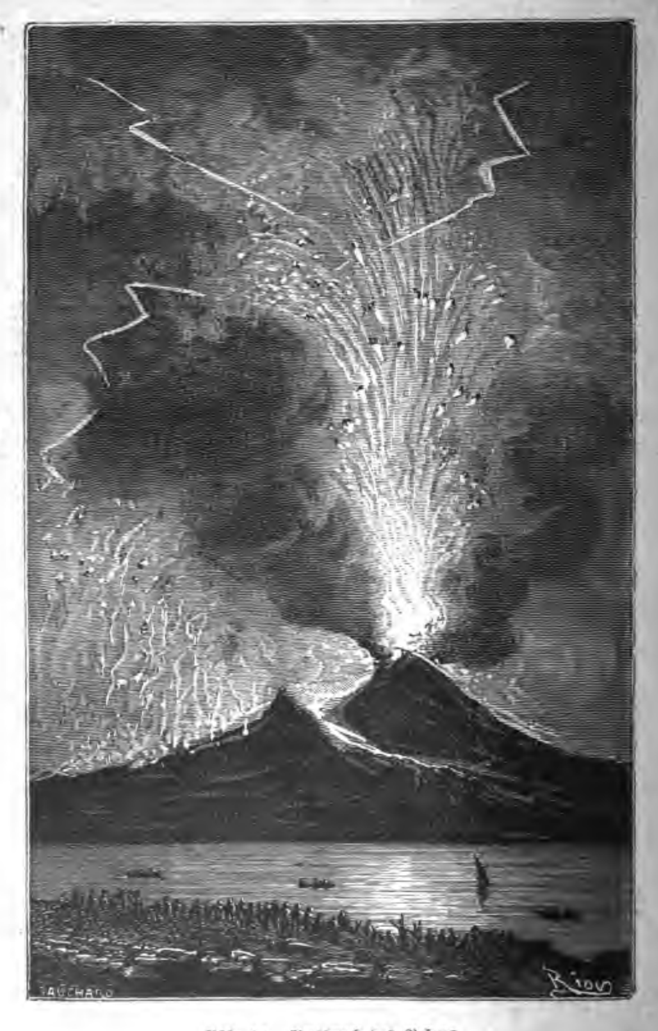


Abb. 34. Ausbruch des Vesuvs.

Mächte in den Tiefen der Erde in Kampf miteinander gerathen, so müssen nothwendig solche Ereignisse, wie es die Erdbeben und die vulkanischen Ausbrüche sind, eintreten. Denkt man sich nur einen kleinen Theil der unter der Erdrinde noch aufgehäuften Wärme durch Berührung mit dem wohlfeilen Material, dem Wasser, in mechanische Kraft umgesetzt, so werden jene ungeheuren Explosionswirkungen erklärlich, denn es müssen dann Dampfmassen und Spannkräfte entstehen, neben welchen die Dämpfe und Kräfte unserer Dampfkessel winzig klein erscheinen. Keine andere Erklärung, soviel auch solche ausgedacht worden sind, entspricht den Erscheinungen vollständig. Ganz unhaltbar aber sind Meinungen, wie z. B. die einiger feuerfeindlichen Geologen, daß die Erdbeben wesentlich nur die Erschütterungen beim Zusammensturz innerer Höhlen seien.

Wir wollen hier als erwiesen annehmen, daß es der Kampf des immer weiter nach unten dringenden Wassers mit dem Wärmevorrath im Innern unserer Erde ist, was die vulkanischen Ausbrüche, die Erdbeben, die heißen thurmhoch emporschießenden Quellen, die plötzlichen wie allmäligen Landerhebungen verursacht. Aber demselben Kampfe verdanken wir nach dem Gesagten auch unsere Länder, unsere Gebirge und Thäler, Quellen und Ströme, das Zurückfließen des Wassers nach den Meeren und damit eine unabsehbare Anzahl von Bedingungen für unser Dasein.

Gehen wir davon aus, daß es zu einer gewissen Zeit gar keine trockenen Landflächen gegeben habe, sondern daß die gesammte feste Erdkruste Meeresboden gewesen sei, und daß nur noch einzelne der letztentstandenen Urgebirge, soweit sie nicht gleich den ältesten bereits der Abschwemmung durch das Wasser verfallen waren, daraus hervorragten, so mußte

unter der Thätigkeit des Vulkanismus die Entstehung der Länder, Gebirge und Inseln, im Zusammenhange vorgestellt, nach dem Angeführten etwa folgende sein:

An allen Stellen der Erde sickerte das Meerwasser in den Boden, immer tiefer, bis in warme und heiße Erdmassen; daselbst bildeten sich überall Wasserdämpfe (bei Zersetzung der Dämpfe vielleicht auch heiße Wasserstoff- und Sauerstoffgase), in der einen Erdgegend mehr, als in der anderen. Wo Ueberschuß an Dampfentwicklung über die Dampfentweichung und Wiederverdichtung entstand, dort wurden die durchdämpften heißen Erdmassen aufgebläht und die darüber liegenden Massen emporgehoben. Dort entstanden unter fortgesetzter Hebung die ersten trockenen Länder, die ersten Erdtheile, über deren Gestalt, Größe und Lage freilich nichts mehr zu ermitteln ist; über so manchem Gebiet der ersten Erdtheile fluthet jetzt möglicherweise der Ozean. Aber die Störung des Gleichgewichts (die in der Erhebung von ganzen Erdgegenden liegt) rief wieder andere Wirkungen hervor. Wo sich Spalten und Risse oder weichere Stellen in der Erdkruste fanden, gleichviel ob unter dem Meeresboden oder unter erhobenen Landflächen, dort drangen die belasteten glühendflüssigen Massen herauf, bildeten Vulkane, wenn sie mit größeren Wasseranhäufungen zusammentrafen, oder wölbten, langsam aufsteigend, die Erdoberfläche zu Gebirgen, je nach den Umständen auch die obersten Schichten durchbrechend oder innerhalb der erhobenen Erdmassen erstarrend.

Solcher Gebirgserhebungen mit ihren mannigfachen Felsgestaltungen, den Gräten, Schluchten, den sogenannten Teufelsmauern u. s. w., die oft sehr deutlich von den gewaltigen Kräften erzählen, denen sie ihre Entstehung verdanken, finden wir massenhaft, in verschiedensten Arten freilich, auf der Erde, aus allen Erdaltern, sowohl aus den ältesten Sedimentärzeiten,

wie aus den allerneuesten. (Im ersteren Fall erscheinen nur die ältesten Sedimentschichten gestört und gehoben, im letzteren sind selbst quartäre Ablagerungen aufgerichtet. An dem Alter der gestörten Schichten erkennt man das Alter der Gebirge, weil immer nur solche Schichten gehoben und gestört werden konnten, die eben schon vorhanden waren.) Die überwiegende Mehrzahl aller eigentlichen Gebirge (wozu wir die Sand- und Kalkanschwemmungen und die Lehmberge der Ebenen und des Hügellandes nicht rechnen), ist durch vulkanische Gewalt, also durch heraufdringendes Eruptivgestein, gehoben worden, theils unter eigentlichen vulkanischen Ausbrüchen ruckweise, theis allmälig ohne bedeutendere Katastrophen. Als unzweifelhaft von heraufgedrungenen glühenden Durchbruchsmassen erzeugte Gebirge erscheinen alle Felsengebirge, deren Kernmasse aus Eruptivgesteinen besteht, z. B. das Riesengebirge und die Sudeten, der Harz, das Fichtelgebirge, der Odenwald, der Böhmerwald, das Erzgebirge, die Alpen und andere in Deutschland, ferner die Pyrenäen, die skandinavischen Gebirge, der Ural, sodann die eigentlichen Vulkangebirge, z. B. das böhmische Mittel-, das Vogelsgebirge, die Rhön, der Thüringerwald, der Hundsrück, die Eifel, und viele andere Erhebungen in Deutschland, der Aetna in Sizilien und alle die zahlreichen Vulkanketten, deren Gipfel fast die Hälfte (ungefähr 40 Prozent) aller hohen und höchsten Berge der Erde bilden. So z. B. ist der höchste Berg Amerikas, der Akonkagua bei Santiago (Höhe 6800 Meter über der Meeresfläche) ein Vulkan.

Es ist hier noch zu bemerken, daß das oben an den Kämmen der Gebirge durchgebrochene Gestein nicht immer bis aus dem großen Gluthmeer selbst tief unter der Erdkruste hergestammt haben wird. Die glühendflüssigen Massen treffen auf ihrem Wege nach oben auf andere, weniger heiße

Gesteinschichten, schmelzen oder erweichen sicherlich auch ganz kühle und feste Gesteine (so wie die heiße Lava der jetzigen Vulkane oft genug kalte Lava von früheren Ausbrüchen

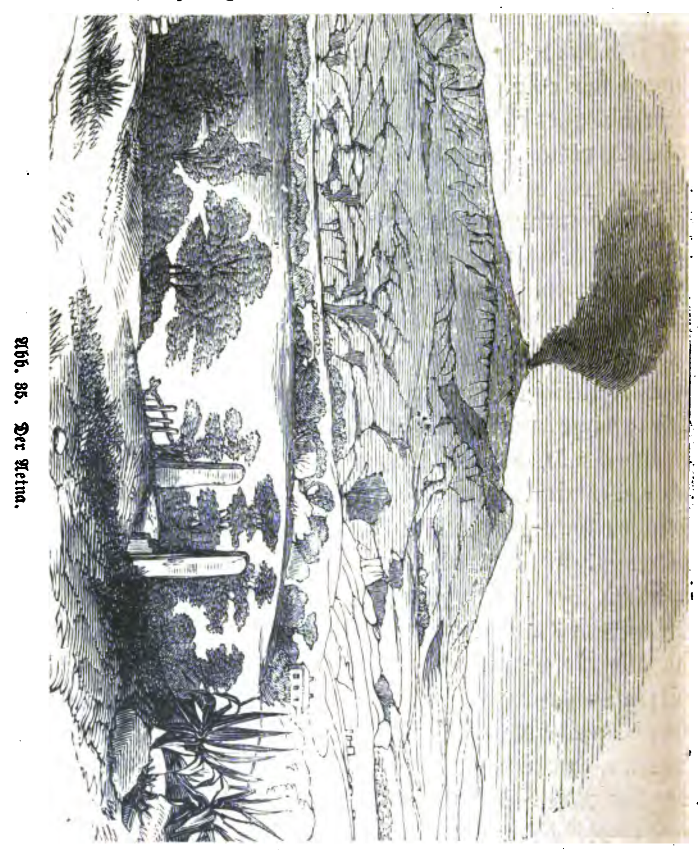


Abb. 85. Der Aetna.

wieder zum Glühen und Schmelzen bringt), drängen diese vor sich her und es kann kommen, daß nur die nachträglich erweichten Massen oben zum Durchbruch gelangen, während die eigentlichen Eruptivmassen tief unten in der

Erde stecken bleiben und erstarren. In manchen Granitarten haben wir vielleicht solche auf diese Weise hinterher geschmolzene oder erweichte Felsmassen vor uns, die ursprünglich aus dem heißen Wasser der Urmeere abgelagert worden waren.

Zu den ältesten Gebirgen Deutschlands gehören der Böhmerwald und der Odenwald; bei beiden begann die Erhebung in der Primärzeit und bei ersterem dauerte (nach Bernh. v. Cotta) der Bildungsprozeß vom Zeitalter der Grauwacke bis in die Steinkohlenzeit, beim letzteren von der Grauwackenzeit bis in die Zeiten der Juraformation. Der Harz und das Erzgebirge hatten ihre ersten Erhebungen gleichfalls in der Grauwackenperiode, ihre neuesten aber erst in der Kreidezeit. Die Alpen entstanden in den Zeiten von der Triasperiode bis in die Tertiärzeit herein. Zu den jüngsten Gebirgen zählt die Eifel, das Mittelgebirge in Böhmen und das Rhöngebirge, deren Erhebung erst in der Tertiärzeit oder Anfang der Quartärzeit begann und bis in alluviale Zeiten fortdauerte.[58])

Alle diese Durchwühlungen der Erdmassen und die immer wiederholten Störungen ihrer Lage durch die vulkanischen Gewalten können als die Fortsetzung des ehemaligen Zirkulirens und der Dampfausbrüche in der Sonnenzeit der Erde gelten. Wenn wir die Sonne betrachten mit ihren Gaseruptionen und den Bewegungen ihrer Masse, andererseits die Entwicklung der Erdrinde, so haben wir den älteren und den jüngeren Theil einer einzigen großen Geschichte des Treibens der Stoffe und Kräfte vor uns, der Bildungsgeschichte einer Weltkugel bis zu dem Zustande, in welchem sich unsere Erde derzeit befindet. Was die Protuberanzen für die Sonnenzeit sind, das sind die Gebirge für die Sedimentärzeit: gleichsam starre Protuberanzen der jetzigen Erde.

Die meisten Gebirge, sowohl die auf dem Meeresgrunde, wie die auf den Ländern, mußten längliche Gestalt annehmen, den Spalten und Klüften entsprechend, durch welche die Durchbruchsmassen heraufdrangen. So sehen wir die überwiegende Mehrzahl aller Eruptivgebirge in der Form der sogenannten Ketten und Züge, und die kleinen Inseln meist in Reihen beieinander, wie die Durchsicht der Erdkarten lehrt, ebenso die Mehrzahl der Bergkuppen und der Vulkane selbst, deren längste Reihe sich mit einigen Unterbrechungen fast um die ganze Erde herumzieht. Es ist das die lange Linie, welche mit den Vulkanen der Südspitze Südamerika's beginnt, sich der ganzen Westküste des amerikanischen Kontinents entlang, dann über die Aleuten nach Asien fortsetzt, auf der Halbinsel Kamtschatka, den Kurilen, Japan, den Liu-kiu-Inseln, Formosa, den Philippinen entlang zieht und übersetzend nach den Molucken und Neuguinea bis nach Neuseeland reicht. Eine Klüftung und Spaltung scheint hier fast die ganze Erdschaale in zwei große, etwas ungleiche Theile getrennt zu haben.



Abb. 36. Gebirgskette.

Wenn eigentliche Vulkane nur dort entstehen und be-

stehen können, wo in der Erde größere Anhäufungen von Wasser vorhanden sind, so muß der Meeresboden im Allgemeinen für jene Explosionsröhren günstiger sein, als das erhobene Land, denn wo viel Wasser auf der Erdoberfläche sich befindet, dort wird es auch häufiger große



Abb. 37. Unterseeische Eruption.

Anhäufungen davon in der Tiefe geben. Die Vulkane waren darum wohl ursprünglich in der überwiegenden Mehrzahl unterseeische Vulkane, wie solche noch heute oft entstehen oder ihr Dasein durch unterseeische Ausbrüche kundgeben, wie z. B. der in obenstehender Abbildung dargestellte, welcher im Jahre 1811 in der Nähe der Azoren beobachtet wurde. Es entstand dabei eine kleine Insel als Gipfel eines aus dem Meere aufragenden feuerspeienden Berges. Die

Insel verschwand zwar bald wieder, weil die Fluth des Meeres die obersten losen Massen des Vulkans in kurzer Zeit wieder abgespült hatte. Im Jahre 1796 aber erhob sich in den ostasiatischen Gewässern bei der Halbinsel Kamtschatka durch einen unterseeischen Ausbruch eine Insel



Abb. 38. Vulkanische Landschaft auf der Insel Bourbon.

von etwa einer Meile Umfang, die jetzt noch vorhanden ist und den Namen St. Johann Bogoslav trägt. Derartige unterseeische Ausbrüche und Inselbildungen sind noch mehrere beobachtet worden. Auch bei einer großen Menge sehr ausgedehnter Inseln ist die vulkanische Entstehung noch gut erkennbar. Die Insel Bourbon z. B. (s. Abbildung 38), welche ausschließlich durch vulkanische Eruptionen und Ablagerungen entstanden zu sein scheint, wird noch jetzt fortwährend durch solche vergrößert. Die Insel St. Helena ist

nach Darwin der Krater eines ungeheuren Vulkans, ebenso die Insel Mauritius u. s. w.

Indem sich so unter der Druckwirkung nahe gelegener Landmassen Vulkanberge aus dem Meere hoben, konnten solche Vulkanreihen in der Nähe großer Landflächen entstehen, wie die der ostasiatischen Inselvulkane in der Nachbarschaft des asiatischen Hochlandes. Vereinigten sich aber die erhobenen Gebirgsketten mit dem benachbarten Lande, indem sich allmälig auch der dazwischen liegende Meeresboden über das Wasser erhob, so gab es dann vulkanische Gebirgsketten am Rande von größeren Landflächen, in der Nähe der Küste, wie die Vulkanketten an der Westküste Amerikas. Wenn wir uns das Bild dieses Erdtheils auf der Karte betrachten, so drängt sich uns jetzt die Ueberzeugung auf, daß diese fast ununterbrochenen Gebirgsketten der Anden und der sich daran schließenden nordamerikanischen Gebirge, nahezu an der ganzen 2000 Meilen langen Westküste entlang, mit ihren merkwürdigen Reihen himmelanstrebender Vulkane im engsten Zusammenhange mit der Bildung des amerikanischen Kontinents stehen. In derselben Weise werden vielleicht einst in späterer Zeit auch die vulkanischen Inselreihen Ostasiens als vulkanische Gebirge die Ostküste des asiatischen Festlandes bilden, wenn sich der ganze umliegende Meeresboden noch mehr gehoben haben und das ochotskische, das japanesische, wie die chinesischen Meere Tiefland geworden sein werden.

Das ganze Inselgebiet des großen Ozeans mit seinen vielen feuerspeienden Bergen ist vielleicht ein im langsamen Entstehen begriffener neuer Erdtheil und in einigen hunderttausend Jahren reicht möglicherweise eine trockene Landfläche von Chile in Südamerika bis zu den jetzigen Paumotu- und den Gesellschaftsinseln und von da bis nach Ost-Asien; das

Meer ist hier schon gegenwärtig von verhältnißmäßig geringer Tiefe.

Wiederversenkungen der Länder müssen eintreten, sobald der Prozeß der Erhebung sein Ende erreicht hat. Letzteres muß z. B. stattfinden, sobald sich die Poren und Ritze, durch welche das Wasser bisher in die wärmeren Schichten eindrang, durch Wasserabsätze, Thon u. dergl. so verstopfen, daß die Wasserzufuhr und damit die Dampfentwicklung hinreichend verringert wird. Dann müssen die erhobenen Landmassen allmälig breit auseinanderfließen, wie jeder Damm mit der Zeit auseinandergeht und niedriger wird, denn die Erdmassen sind durchaus nichts Starres und Festes, wie schon Seite 144 u. f. dargelegt wurde. So werden zuerst Seeküsten nach und nach wieder vom Meer bedeckt und im weiteren Verlaufe, was Land war, wieder Meeresgrund und nur die Versteinerungen und Reste in den Schichten erzählen in späteren Zeiten von dem Leben auf der einstigen Erdoberfläche.

Ein Auseinanderfließen von erhobenen Landmassen findet zweifellos schon während der Erhebung statt; es müssen dabei solche Seitenbewegungen der Landflächen entstehen, wie sie von Sueß vermuthet werden, langsame Fortbewegung der Landflächen nach bestimmten von den Hochgebirgen abgewendeten Richtungen, denen vielleicht die Gebirge ohne Durchbrüche, die vorläufig „Faltengebirge“ genannten Erhebungen, wie der Jura, der Teutoburger Wald, ihr Dasein verdanken. (Zu vergl. Seite 187.)

Die Senkungen können aber auch einfach die Umkehrung, der Rückgang des Erhebungsprozesses sein: statt Aufblähung der Erdmassen Zusammensinken, statt Ausdehnung durch den Dampf und dessen Wärme Wiederabkühlung.

Zur Wiedererhebung des Landes aus dem Wasser

ist nur nöthig, daß das Erdreich wieder von Neuem rissig und für das Wasser in höherem Maaße durchlässig wird. Die Erhebung beginnt dann von Neuem.

So können wir uns den mehrmaligen Wechsel in der Höhenlage aller einzelnen Erdgebiete erklären, wie er, nach der Schichtung der Sedimentmassen zu schließen, im Laufe der Jahrmillionen stattgefunden haben muß. So kann man sich überhaupt einen Begriff bilden, wie unter fortwährenden Veränderungen, unter Hebungen und Senkungen, unter immer wiederholten Durchbrüchen der inneren Massen und Aufrichtung von Gebirgen, die dann sofort wieder der abschwemmenden Thätigkeit des Wassers verfielen, die jetzige Oberfläche unserer Erde entstanden sein muß.

Dabei ging stets die langsame Abkühlung der Erde vor sich. In der Primärzeit herrschte an den Polen noch fast dieselbe hohe Temperatur, wie am Aequator. Die Steinkohlenlager des heute unbewohnten Spitzbergen hoch im Norden bestehen z. B. aus dem Kohlenstoff derselben Pflanzenarten, wie die Kohlenlager Australiens. Die Thiere und Pflanzen jener Zeit waren noch sehr gleichmäßig über alle Erdgegenden verbreitet. In der Tertiärzeit wuchsen in Deutschland noch Palmen; doch schon in der Sekundärzeit, mehr aber noch in der Tertiärzeit, als an den Polen das erste Eis entstand, sonderte sich die organische Welt mehr und mehr nach den Erdzonen, und die Thier- und Pflanzenarten, welche hoher Wärme bedürfen, zogen sich zuletzt bis in die Zone des Aequators zurück. Die Eigenwärme der Erde verlor für die Oberfläche immer mehr an Bedeutung und jetzt ist die Sonne fast nur noch unsere alleinige Wärmequelle, die eine gleichmäßige Erwärmung der Erde nicht bewirken kann.[59])

Die Abschwemmung und Wiederzerstörung der Gebirge

wurde und wird besonders durch den merkwürdigen Umstand befördert, daß sich das Wasser der Wolken stets am meisten an und auf diesen höchsten Stellen der Erde niederschlägt. Daher kommt es auch, daß die mächtigsten Ströme der Erde gewöhnlich in den hohen Gebirgen ihren Ursprung haben oder von dort ihre reichlichsten Zuflüsse erhalten.

Es muß hier auch einer Erscheinung der Vergangenheit gedacht werden, die zu vielen falschen Vorstellungen Veranlassung gegeben hat: der sogenannten Eiszeit auf der Erde. Unter dieser Eiszeit darf man nicht etwa eine Zeit verstehen, wo das gesammte Wasser der Erde gefroren oder, wie auch gesagt wird (zu vergl. Siegmund „Untergegangene Welten", Wien 1877, Seite 332), wo die Erde zum größten Theil mit einer Eisdecke überzogen war — zu einer solchen Annahme fehlt jeder Grund. Es handelt sich nur um stärkere Vereisung (Vergletscherung) mancher Gebirgsgegenden, als sie jetzt besteht. Aus der genaueren Untersuchung der Alpen ergab sich, daß die Schnee- und Eisfelder an den Thalsenken der Alpen, die Gletscher, in einer gewissen Zeit der Diluvialperiode viel weiter in das tiefere Land herabgereicht haben, als gegenwärtig. In der ganzen Schweiz, am Jura, nördlich vom Bodensee, ebenso südlich der Alpen finden sich Felsenblöcke, welche nach allen Anzeichen von den Alpenkämmen herstammen und die nicht anders, als durch Gletscher bis in die ferneren Gegenden getragen worden sein können, so wie noch die jetzigen Gletscher, während sie sich langsam an den Abhängen (theilweise schmelzend) abwärts bewegen, abgebrochene kleine und große Felsstücke von oben in tiefere Gegenden tragen. Daraus darf man aber nicht schließen, daß die Erdtemperatur in jener Zeit allgemein auf der ganzen Erde niedriger gewesen sei.

Von den mannigfachen Veränderungen der Erdoberfläche

werden auch die Wärme- und Witterungsverhältnisse der einzelnen Gegenden verändert. Das Meer ist, wie die Luft, infolge ungleicher Erwärmung immerfort in Strömung und Zirkulation begriffen und die warmen Meeresströme bringen manchen Gegenden der Erde eine viel höhere Erwärmung, als diese Gegenden von der Sonne her unmittelbar erfahren. Ein solcher Meeresstrom von bedeutender Wärme, der sogenannte Golfstrom, der seinen Ursprung im Golf von Mexiko hat, zieht quer über den atlantischen Ozean nach den europäischen Küsten, erwärmt die Luft unserer Länder, giebt ihnen warme Winde und warme Regen und ist zweifellos die Hauptursache, daß Europa durchschnittlich eine um etwa 5 Grad höhere Lufttemperatur hat, als es nach seiner Lage auf dem Erdball haben sollte. Wenn nun durch Veränderungen der Erdtheile und der Meere auch die Meeresströmungen verändert werden, so kann sich die Temperatur der betroffenen Länder beträchtlich verändern. Es kommt hier auch noch in Betracht, daß um so mehr Flächen der Kämme und Spitzen eines Gebirgslandes von Schnee bedeckt sind, je höher dasselbe liegt. Wenn nun Europa in gewissen Zeiten der Diluvialperiode durchschnittlich nur 10 Grad kälter war, als jetzt (wie es in einigen Ländern auch jetzt der Fall ist, die ungefähr den gleichen Abstand vom Nordpol haben wie unser Mitteleuropa, z. B. die Gegenden des tartarischen Gebirges in Ostasien, wo auch gegenwärtig das Rennthier lebt, ferner Kanada und Labrador in Nordamerika), oder wenn damals die Alpenländer nur um 2000 Fuß höher lagen, als heutzutage, so mußte die Vergletscherung der Alpen eine solche Ausdehnung erhalten, wie sie in deren „Eiszeit" bestand. Ein Beweis dafür ist Island, dessen durchschnittliche Temperatur um etwa 10 Grad niedriger ist, als die der Alpenländer. Dort sind trotz des

geringen jährlichen Niederschlages (meist Schnee) insgesammt ungefähr 200 Quadratmeilen mit Gletschereis bedeckt. In dem schon genannten Labrador, welches dem Nordpol kaum näher liegt, als England oder Dänemark, auch etwa keine hohen Gebirge, sondern nur Hügel- und niederes Bergland besitzt, bleibt der Erdboden unter der Oberfläche jahrein, jahraus gefroren und mitten im Sommer (wie dieses Jahr im Juni) treten Schneestürme ein, welche allen Verkehr abschneiden, so daß die Bewohner Gefahr laufen, Hungers zu sterben.

Solche Zeiten starker Vergletscherung hat man auch für einige andere Gebirge verschiedener Erdgegenden erkannt. Daraus darf aber durchaus nicht gefolgert werden, daß es auf der Erde in früheren Zeiten allgemein kälter gewesen sei, als jetzt, denn es ist in keiner Weise bewiesen, daß alle die in Frage kommenden Gebirge sämmtlich in ein und derselben Zeit „Eiszeit" hatten. Manche Leute bringen auch noch die norddeutschen erratischen Blöcke (zu vergl. Seite 189) mit der Vergletscherung der Alpen in Verbindung, was ganz unrichtig ist. Eine solche Eiszeit, bei welcher erratische Blöcke auf dem Meeresboden verstreut werden, haben wir auch gegenwärtig.

Auch durch außerirdische Verhältnisse, z. B. durch Zusammenfallen des nördlichen Sommers mit dem Aphelium der Erde (zu vergl. Seite 26), muß ja die durchschnittliche Temperatur der Nordhälfte der Erde niedriger werden, als im umgekehrten Fall, aber durch Nichts ist bewiesen, daß es früher einmal eine allgemeine Vereisung der Erde gegeben habe, und es ist darum auch nicht nothwendig, Vermuthungen darüber aufzustellen, wie eine allgemeine Eisestemperatur, oder wie eine Erhöhung der Temperatur nach solcher allgemeinen Eiszeit auf der Erde möglich gewesen sein könnte, wie letzteres

z. B. von Moldenhauer („Das Weltall und seine Entwicklung“, Köln und Leipzig 1881) geschieht. Nach ihm war die Sonne (soweit aus dem Inhaltsverzeichniß des Prospektes seines Werkes hervorgeht) noch die ganze Sedimentärzeit hindurch „Dunstball“ ohne die heiße Strahlung von heute und sie erlangte ihre blendende Gluth erst in der Diluvialperiode (also erst in der neuesten Zeit) und die Folge war dann ein allgemeines Aufthauen der Erde. Es ist das übrigens eine Anschauung, die mit unseren gewöhnlichen Begriffen über die Entwicklung der Sonnenkugel stark im Widerspruch steht. Ein paar hunderttausend Jahre, die hier in Betracht kommen, sind für die Entwicklung der Sonne gewiß von nur verschwindend kleiner Bedeutung und unser mächtiger Zentralkörper wird vor so kurzer Zeit kaum anders ausgesehen haben, als jetzt.

Es gab, soweit es zu erkennen, keine „Eiszeit“ auf der Erde, sondern Eiszeiten, richtiger Gletscherzeiten, bald für dieses, bald für jenes Gebirge, je nach den Witterungs- und Erwärmungs-Verhältnissen der betreffenden Gegenden und zwar erst seit der Zeit, da Eis auf der Erde oder auf den Gebirgen überhaupt existiren konnte. Und diese „Eiszeiten“ dauern heute noch. Eiszeit ist jetzt auf Island, auf Norwegen, auf dem Felsengebirge in Nordamerika, wahrscheinlich auch auf dem Himalaja in Asien; Eiszeit, nämlich Gletscherzeit ist auch jetzt in den Alpen, nur läßt die jetzige hohe Temperatur Europas oder die jetzige Höhenlage der Alpenländer hier eine so ausgedehnte Vergletscherung, wie sie in der „Eiszeit“ bestand, nicht zu.

Reichen auch die besprochenen Verhältnisse vollständig aus, um die stärkeren Gletscherbildungen der „Eiszeiten“ zu veranlassen, so können doch auch noch andere Faktoren hierbei mitgewirkt haben, z. B. bedeutend reichere Niederschläge

auf den betreffenden Gebirgen, wie der Franzose Millot dargelegt hat. Zu einer Zeit, als, wie vielfach angenommen wird, die jetzige ungeheure Wüste Sahara in Afrika noch ein seichtes Meer war, mußten dort in der noch tropischen Hitze außerordentlich große Mengen Wassers verdampft werden, welche, nach Norden ziehend, sich als ungeheure Schneemassen auf den Alpen und Pyrenäen absetzen mußten. Die Verringerung der Gletscher wäre also auch nach dieser Hypothese auf eine Höhenveränderung, nämlich auf eine Erhebung von Meeresboden zurückgeführt.

Die ganze Dauer der Sedimentärzeit läßt sich nach Bernhard v. Cotta nicht berechnen, und daher sind wir auch über die Dauer der einzelnen sedimentären Perioden im Ungewissen. Legt man jedoch die von Bischof für das Alter der Steinkohlen gefundene Zahl (10 bis 12 Millionen Jahre) zu Grunde, so ergiebt sich, nach den muthmaßlichen Stärken der Sedimentschichtungen geschätzt, daß seit dem Auftreten des flüssigen Wassers auf der Erde wohl 15 bis 20 Millionen Jahre vergangen sein mögen und für die einzelnen Perioden alsdann: Primärzeit: 5 bis 8 Millionen Jahre, Sekundärzeit: 3 bis 5, Tertiärzeit: 1½ bis 3 Millionen, Quartärzeit: 300- bis 500,000 Jahre. Der Rest würde die Zeit der am Anfang erfolgten Heißwasserablagerungen darstellen.

Die so wichtigen Hebungen und Senkungen gehen auch jetzt fortwährend vor sich, wie wir Seite 192 u. f. aus einigen Beispielen schon erfahren haben. Hier senkt sich das Land langsam, große dauernde Ueberschwemmungen treten ein, wie mehrmals schon an den Küsten der Nordsee, das Meer fluthet nach hunderttausend Jahren, wo die Wohnungen der Menschen standen und bedeckt die Land-

flächen mit neuen Sand= und Thonschichten; dort an zahlreichen anderen Stellen erstehen neue Länder. Wir erkennen hieraus, daß die Gestalten der jetzigen Landflächen, wie sie unsere Erdkarten darstellen, durchaus gar keine feststehenden, dauernden sind, so wenig, wie die Sternbilder am Himmel, daß in so und so viel tausend oder hunderttausend Jahren die Umrisse unserer Erdtheile ganz anders aussehen werden, als jetzt. Auch die eigentlich vulkanische Thätigkeit ist gegenwärtig vielleicht gar nicht schwächer als jemals in der Erdgeschichte. Wir wissen nicht bestimmt, ob die zahlreichen sogenannten erloschenen Vulkane auch wirklich gar keine Verbindung mit dem Erdinnern mehr haben. Der Vesuv in Italien galt z. B. von allem Beginn menschlicher Ueberlieferung an bis zum Jahre 79 jetziger Zeitrechnung nicht als thätiger Vulkan. In jenem Jahre erfolgte zum Staunen und Schrecken der damaligen Bewohner jener Gegend ein Aufbruch des Berges und eine furchtbare Eruption, wobei Herkulanum, Pompeji und andere Ortschaften mit Auswurfsprodukten hoch überdeckt oder sonst zerstört wurden. Hierauf folgte eine mehr als tausendjährige Ruhe, bis 1139, welcher dann Pausen bis 1306, von da bis 1500, dann bis zu dem furchtbaren Ausbruch vom Jahre 1631 folgten, und seit dem Ende des 17. Jahrhunderts ist der Vulkan nicht mehr vollständig zur Ruhe gekommen. So treten bei den Vulkanen Zeiten der Unthätigkeit von Jahrhunderten und Jahrtausenden ein; doch giebt es auch viele Vulkane, die man seit ihrer Entdeckung noch gar nicht anders, als in Thätigkeit gesehen hat.

Auch neue Berge werden heutzutage noch hier und da plötzlich aufgeworfen und glühend=flüssiges Gestein bricht aus dem Innern. Im Jahre 1759 ereignete sich auf einem der besten und bevölkertsten Erdstriche Nordamerikas (in

Mexiko westlich der Hauptstadt) nach einem monatelangen furchtbaren Erdbeben ein vulkanischer Ausbruch, wo früher nie einer stattgefunden, wo sich auch gar kein Vulkan befand. Hierbei wurde ein Stück Land von der 4- bis 5fachen Größe Berlins bis zu 500 Fuß Höhe vor den Augen der entsetzten Bevölkerung emporgehoben, theilweise von der übrigen Erde abgerissen, die Erde klüftete weit auseinander und auf einem großen Gebiete wurden Felsenstücke, glühende Lava, Dampf und Staub hoch emporgetrieben. Zuletzt bildeten sich sechs feuerspeiende Berge, von denen sich einer, der später Jorullo genannte, bis zur Höhe von 1600—1700 Fuß über die Ebene (4000 Fuß über die Meeresfläche) erhob. Noch jetzt ist der Jorullo thätig.

Wir sind an keiner Stelle der Erde ganz sicher, daß derartige vulkanische Durchbrüche nicht wieder stattfinden, denn die Naturkräfte nehmen bei ihrem ruhelosen Treiben auf den Menschen keinerlei Rücksicht; oft gehen viele Menschen bei solchen vulkanischen Ereignissen zu Grunde, wie z. B. bei der Entstehung des Vulkans Monte nuovo in Italien im Jahre 1538, wo Hunderte von Menschen umkamen. Besonders schrecklich treten in dieser Beziehung aber die Erdbeben auf. Das Erdbeben vom Jahre 1693 z. B. verwüstete auf Sizilien 50 Ortschaften und tödtete 60,000 Menschen. Durch das Erdbeben des Jahres 1755, welches die Hauptstadt Portugals, Lissabon, fast ganz zerstörte, wurden alle westlichen Küsten Europas, also von Norwegen, England, die Küsten der Nordsee, Frankreichs, Spaniens, Portugals u. a. schrecklich überschwemmt — wahrscheinlich eine Folge der durch die vulkanischen Kräfte hervorgebrachten Hebungen und Senkungen der ganzen Erdgegend. Schon bei dem ersten Stoße dieses Erdbebens fanden in Lissabon etwa 30,000 Menschen ihren Tod. Bei der großen Meeresfluth, welche von

dem starken Erdbeben von 1746 an der Westküste von Südamerika erzeugt wurde, stürzten 23 Schiffe im Hafen von Callao um und versanken. Durch das heftige Erdbeben vom Jahre 1783 (dessen Stöße in Kalabrien bis in's Jahr 1787 andauerten) wurden nach Schätzung 100,000 Menschen unter den Trümmern der Ortschaften, in den Spaltungen der Erde u. s. w. begraben oder sonstwie getödtet. Doch auch gewöhnliche Vulkan-Ausbrüche richten oft furchtbares Unheil an. Durch den Ausbruch des Aetna auf Sizilien (Abbildung Seite 208) im Jahre 1669 z. B. wurden 49 Städte mit 700 Kirchen zerstört und es fanden dabei 94,000 Menschen ihren Tod.

Fassen wir die gesammte jetzige Thätigkeit unseres Planeten zusammen und (um uns diese Thätigkeit besser vorstellen zu können) zusammengedrängt, was sich auf längere Zeiträume, auf Jahrhunderte und Jahrtausende vertheilen wird: alle Veränderungen der Oberfläche, die Wirkungen des Wassers, der Meere, die vulkanischen Erscheinungen und Durchbrüche, Hebungen und Senkungen u. s. w., so kommen wir im Gegensatz zu der gewöhnlichen Anschauung zu der Ueberzeugung, daß die Erde noch durchaus nicht am Ende ihrer Entwicklung angelangt, sondern auch gegenwärtig fortwährend in Veränderung und Umbildung begriffen ist; man kann sie also noch gar nicht als „fertig" betrachten.

Die schon oben im Abschnitt VII berührte Frage, wie jetzt das Innere der Erde beschaffen sein mag, hat die Wissenschaft viel beschäftigt. Darüber, ob die Erde innerlich noch heiß und glühend ist oder nicht, wird ja allerdings kaum noch Jemand von einiger wissenschaftlichen Bedeutung im Zweifel sein. Auch den Schmelzzustand der Massen nächst der Schaale der kühlen Erdmassen kann man vernünftigerweise nicht wegleugnen, wenn man die Gesammt-

heit der vulkanischen Erscheinungen berücksichtigt. Aber in welchem Aggregatzustande sich das Innerste befindet, darüber bestehen ganz entgegengesetzte Ansichten. Manche, wie Zöppritz u. A. halten es für möglich, daß das Innerste der Erde glühend-gasförmig sei. Diese Anschauung beruht auf der schon Seite 60 u. f. kritisirten, unhaltbaren Theorie, daß großer Druck, große Belastung auch große Hitze erzeuge. Durch Druck werden die gedrückten Körper verkleinert, verdichtet und dabei wird Wärme frei, die bis dahin gebunden war; die Wärme wird gleichsam herausgepreßt. Diese Ausbringung von Wärme dauert jedoch nur so lange, so lange die Verkleinerung dauert, nicht in alle Ewigkeit, wenn auch der Druck dann ewig fortdauert. Durch Zusammendrücken eines Körpers erhält man wohl ein gewisses Quantum fühlbare Wärme, aber der Körper selbst ist dann dichter als vorher. Man muß daher im Gegentheil annehmen, daß sich im Zentrum der Erde infolge des dort bestehenden hohen Druckes ein dichter fester Kern glühender Gesteine und Metalle gebildet habe, ähnlich wie in früheren Stadien der Entwicklung im Innern des Gasballs ein flüssiger Kern entstehen mußte, nicht etwa wesentlich aus dem Grunde, wie Lasaulx meint, weil die am schwersten schmelzbaren Stoffe zugleich die dichteren und schwersten sind — unsere Liste auf Seite 158 zeigt, daß eine solche Regel nicht existirt — sondern wesentlich darum, weil unter dem ungeheuren Druck im Innern der Erde keiner unserer Stoffe dort als Flüssigkeit bestehen könnte, selbst wenn die Temperatur eine noch viel höhere wäre, als sie der Rechnung nach sein muß. Wie groß der feste glühende Erdkern innerhalb der flüssigen Massen ist, kann noch nicht gesagt werden; möglich daß derselbe mehr als 1000 Meilen Durchmesser besitzt.

Wenn das Vorhandensein eines festen Kernes wesentlich

die Folge des inneren Erddruckes ist, so kann dieser Kern auch nie aus der Mitte der Erde wegschwimmen und etwa an die äußere Schaale anschlagen, weil er mit seiner Verschiebung in Regionen von geringerem Druck gerathen würde, wo auch seine Festheit aufhören müßte.

Aus der schon früher erwähnten Zunahme der Temperatur im Innern unserer Erde hat man geschlossen, daß die feste Erdrinde, auf der wir leben, eine Dicke von 8 bis 15 Meilen besitzt, und es stellt sich dann ein Stück der Erde im Durchschnitt so dar, wie in nebenstehender Abbildung gezeichnet ist. Die ganze Erdkugel, in diesem Verhältniß gedacht, würde 3 Meter 183 Millimeter Durchmesser haben. Danach würde die Erde hauptsächlich aus einer glühenden, nach außen

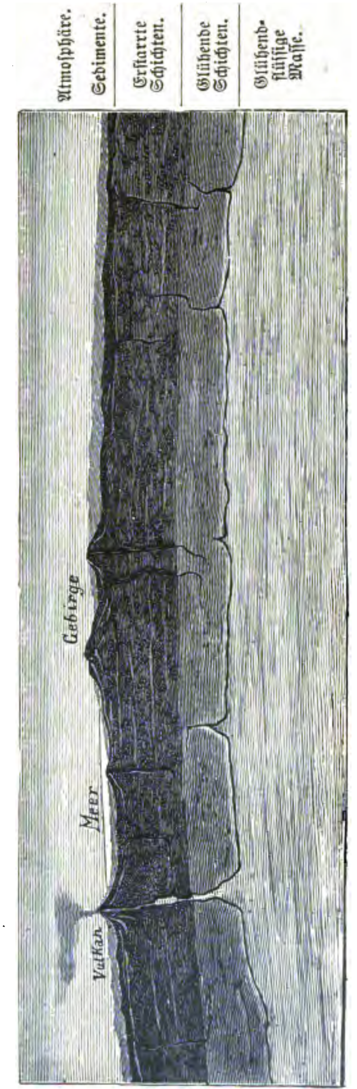


Abb. 89. Ein Stück der Erdrinde im Durchschnitt nach Muthmaßung im Maaßstabe von einem 4millionstel ($18\frac{3}{4}$ Millimeter = 10 Meilen) natürlicher Größe. (Orig.-Zeichnung d. Verf.)

hin flüssigen Kugel bestehen, die von einer verhältnißmäßig äußerst dünnen Schaale umhüllt ist.

Man nennt häufig die Vulkane die Sicherheitsventile der Erde, ohne welche die letztere von den inneren explosiven Gewalten zersprengt werden würde. Die Wahrheit ist: Wenn es keine Vulkane gäbe, so würden sich solche eben bilden; die vulkanischen Kräfte würden an den verschiedensten Stellen der Erde Durchbrüche bewirken, wie sie thatsächlich bestehen. Die Erde könnte nur dann zerplatzen, wenn ihre Schaale ein starrer fester Körper wäre; das ist sie aber nicht, wie wir von Seite 144 her wissen, sondern im Ganzen eine weiche lose Masse, die eigentlich nicht zersprengt, sondern nur durchbrochen werden kann.

Mit den sedimentären Ablagerungen, oder eigentlich mit dem Auftreten des flüssigen Wassers auf der Erdoberfläche begann die eigentliche Neuzeit der Erde, diejenige Zeit, in welcher unser Planet von lebendigen Wesen, von Pflanzen und Thieren bevölkert wurde. Niederschlagung und Verdichtung der Dampfmassen bedeutet zugleich Reinigung und Klärung der Atmosphäre und so trat wohl erst in jener Zeit die Periode ein, wo die Strahlen der Sonne durch die Atmosphäre dringen und die Erdoberfläche, wenn auch noch mit sehr diffusem (zerstreutem) Licht, beleuchten konnten, was bis dahin nur in sehr geringem Grade der Fall gewesen sein wird. Auf eine Zwischenzeit der düsteren Dämmerung folgte eine neue Zeit der Helle, des Tages, freilich mit dem Wechsel, der noch jetzt als Tag und Nacht vor sich geht. Es möge hier auch erwähnt werden, daß die Thier- und Pflanzenwelt stets an der Veränderung der Atmosphäre, wie auch der Erdoberfläche wesentlich Antheil hatte. Die Pflanzen entnahmen der Atmosphäre hauptsächlich die Kohlen-

säure, an der die Luft der Urzeit sehr reich gewesen sein muß. Auch die obersten Schlamm- und Sandschichten wurden stets mehr oder weniger durch Pflanzen und Thiere umgeändert, indem sich deren verwesende Reste ununterbrochen mit jenen Schichten mischten, sie chemisch veränderten u. dgl., wodurch in jedem Zeitalter die Pflanzenerde, die fruchtbare Humusschicht entstand.

Die Versteinerungen lehren, daß sich die organische Welt, eben die Welt der Pflanzen und Thiere, zu welchen letzteren auch der Mensch gehört, allmälig verändert hat, daß zuerst ganz andere Formen von Lebewesen auftreten, als später und als jetzt noch vorhanden sind. In den ältesten Zeiten der Ablagerungen, als kochend heißes Wasser die Massen der Erdkruste angriff, konnte sich ausgeprägteres organisches Leben nach allen unseren Erfahrungen über die Bedingungen desselben überhaupt noch nicht entwickeln; die allerältesten Ablagerungen enthalten auch keine Versteinerungen und Reste von solchem Leben. Die Versteinerungen der Primärzeit rühren von schädellosen Thieren und unvollkommenen Gewächsen her; an ihre Stelle treten mit abnehmendem Alter der sie einschließenden Schichten allmälig besser und reicher organisirte Wesen. In den Lagern der Primärzeit giebt es auch fast ausschließlich nur Spuren von Meeresthieren und Meerpflanzen; Reste von Organismen aus Seen, Teichen und Flüssen, sowie vom Lande, die unseren jetzigen Thieren und Pflanzen ähnlicher sind, treten um so zahlreicher auf, je jünger die sie einschließenden Gesteine sind. Viele der in früheren Perioden vorhandenen Arten sind längst verschwunden, z. B. von den Wirbelthieren die Mastodon-Saurier, ebenso die mit Flügeln versehenen drachenartigen Pterodaktilen und die Meersaurier, ungeheure fabelhafte Raubthiere der Sekundärzeit. Erst in den Schichten

der Tertiärzeit finden sich Reste verschiedener Säugethier-Arten, welche als Urformen unserer jetzt lebenden Säugethiere gelten können. Unzweideutige Spuren des Menschen tauchen erst in den Lagern der Quartärzeit auf.

Der erste Ursprung der organischen Welt war, gleich dem des Weltalls und der Erde, zweifellos ein vollkommen natürlicher, obschon die Entstehung eines Thieres oder einer Pflanze aus elementaren Stoffen, und wäre es das unvollkommenste einfachste Wesen, bisher noch nicht beobachtet oder auf künstlichem Wege eingeleitet werden konnte. Die Versuche und Beobachtungen dauerten allerdings immer nur kurze Zeiten, höchstens Monate, wo möglicherweise Jahrhunderte und Jahrtausende (so wie bei der Entwicklung der Wesen) nothwendig sind. Auch können solche Versuche durchaus nicht als abgeschlossen und entscheidend gelten, solange nicht alle einschlägigen Verhältnisse und Umstände (z. B. Zusammensetzung, Temperatur) in jeder denkbaren Abwechselung und jedesmal Jahrtausende lang ausprobirt worden sind. Die einfachsten organischen Wesen und Gebilde, die das Mikroskop erkennen läßt, sind vielleicht selbst schon Produkte einer langen Entwicklung, die in dem ganz unsichtbaren Gebiete der atomistischen Gliederung des Stoffes ihren Anfang nahm.

Vor Allem mußte die Entstehung der ersten Organismen von dem Eintritt gewisser Temperaturzustände abhängig sein. Thiere und Pflanzen sind aus Stoffverbindungen zusammengesetzt, die nur unterhalb einer gewissen Temperaturgrenze (etwa unterhalb der des kochenden Wassers) bestehen können; sie sind ferner gewöhnliche Stoffe der Erde, nämlich vorwiegend Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, auch Kalzium, Silizium, Eisen, Phosphor u. a., haben also eine durchaus natürliche physische Grundlage. Uebrigens,

meine ich, wird unsere Erde genug Raum, Zeit und Stoff zur Entwicklung der organischen Keime gehabt haben und wir brauchen nicht, wie es Manche gethan haben, anzunehmen, daß die Keime von anderen Weltkörpern herstammen, von wo sie mittelst Sternschnuppen u. dergl. auf die Erde geflogen seien.

Gegen eine übernatürliche Schöpfung der organischen Wesen spricht vor Allem der Umstand, daß dieselben eine ganz allmälige Entwicklung von den unvollkommensten einfachsten Gebilden bis zu sehr vollkommenen und reich organisirten durchlaufen mußten. Alle Organe der Pflanzen und Thiere, die der Ernährung, der Fortpflanzung, Gesicht und Gehör, Beine und Flügel u. s. w. brauchten zu ihrer Herausbildung Millionen Jahre, was offenbar im Widerspruch mit den bekannten Ideen einer übernatürlichen Erschaffung steht. Auch die Zweckmäßigkeit der Organe ist lediglich die Folge natürlicher Entwicklung, wie Darwin und seine berühmten Vorläufer und Nachfolger für jeden Einsichtigen nachgewiesen haben. Wie viel auch unzweckmäßige Organe wachsen mochten: sie konnten sich nicht dauernd vererben, weil ihre Besitzer sich nicht erhalten konnten. In dem Kampfe, den die Thiere (wie auch die Pflanzen) von jeher miteinander, wie mit den Naturgewalten führen mußten, erhielt sich auf die Dauer immer nur das hinreichend zweckmäßige Gebilde und darum sehen wir in den jetzt vorhandenen Pflanzen und Thieren, den Endgliedern unabsehbar langer einzelner Entwicklungsreihen, meist sehr zweckmäßige Wesen, mit Pelzen geschützt gegen die Kälte, mit flinken Beinen, scharfen Augen u. dergl., oder, wie der Mensch, mit solchen Organen und Fähigkeiten ausgestattet, die bei sonstiger Unbehilflichkeit das Dasein gewährleisten.

Manche niedere Thierarten, ebenso gewisse uralte Arten

von Pflanzen, sind in der Entwicklung auch zurückgegangen, was wohl im letzten Grunde auf die seither stattgefundene Abkühlung der Erde und ihrer Gewässer zurückzuführen ist.

Auch der Mensch hat eine ungeheuer lange Entwicklung hinter sich, deren erster eigentlicher Anfang sich niemals angeben lassen wird, weil er in der Urzeit wohl allmälig in die allgemeine Entwicklung übergeht, und weil man nie wird sagen können, wo die jetzige Menschenart anfängt, wo die Vorstufen aufhören. Nach den vorgefundenen Spuren ist das Menschengeschlecht in seiner ungefähr jetzigen Organisation auf keinen Fall jünger, als 30,000 Jahre. Durch Knochenreste aller Art, Spuren menschlicher Handthätigkeit, durch aufgefundene Steinwaffen, Aexte u. dergl., lagernd in Schichten des Diluviums, sogar der jüngeren Tertiärzeit, ist ein nach vielen Zehntausenden und Hunderttausenden von Jahren zählendes Alter der Menschheit wahrscheinlich geworden. Nur ein Beispiel sei angeführt: In dem Delta des Mississippi lagern viele Schichten mit eingebetteten Taxodienwäldern übereinander, worunter man Baumstämme mit bis zu 6000 Jahrringen gefunden hat. Jede einzelne dieser Schichten umfaßt also zum Mindesten eine Vegetationsperiode von 6000 Jahren. Da sich nun in der siebenten dieser Schichten ein menschliches Gerippe fand, dessen Schädel mit denen der jetzigen amerikanischen Rasse übereinstimmt, so müssen wenigstens 30- bis 40,000 Jahre seit der Zeit verflossen sein, als der einstige Besitzer des Skeletts sich seines Daseins freute.

Existirte das Menschengeschlecht in seiner jetzigen Art bereits am Anfange des Diluviums, oder gar schon in der Tertiärzeit, so zählt sein Dasein schon viele Hunderttausende von Jahren. Freilich hatte der Mensch vor 100 Jahrtausenden noch keine Schrift, vielleicht überhaupt noch keine

unserer jetzigen vergleichbare Sprache, sondern nur thierische Laute. Die Sprachen wie alle sonstigen Eigenthümlichkeiten der Menschheit haben sich allmälig und nach natürlichen Gesetzen ausgebildet. Die einschlägigen Wissenschaften lehren, daß keine einzige menschliche Kulturerscheinung, sei es nun Sprache oder Schrift, Religionswesen oder politische Organisation oder sonst etwas durch übernatürliche Eingebung mit einem Mal hervorgerufen worden ist. Die ersten Anfänge der Notirung von Begebenheiten (mittelst Bilderschrift, Hieroglyphen) wurden jedoch, wie es scheint, schon vor mehr als 10,000 Jahren gemacht; das Alter der Hieroglyphen, mit deren Hilfe der Oberpriester Manethos vor 2000 Jahren seine ägyptische Geschichte schrieb, scheint schon damals 6000 bis 7000 Jahre gewesen zu sein, und sonach wären seit der Entstehung jener Zeichenschriften 8000 bis 9000 Jahre verflossen.

Als Wohnplatz der Menschen ist die Erde nicht überall gleich günstig. In den Gegenden des Aequators, wo die Sonne jahrein jahraus zu Mittag beinahe lothrecht über den Ländern steht, ist es für menschliches Kulturleben im Allgemeinen viel zu heiß (die Lufttemperatur ist in Brasilien durchschnittlich im Januar wie im Juli 20 bis 30 Grad, in Afrika 20 bis über 35 Grad), und vielfach ganz ungesund — man denke an Kamerun — während es auf den Polen der Erde, woselbst sich das Jahr in eine halbjährige Nacht und einen halbjährigen Tag (letzterer mit sehr niedrigem Sonnenstande) theilt, viel zu kalt ist. Große Landflächen, und zwar diejenigen, wo wenig oder gar kein Regen fällt, sind außerdem vollkommene Wüsten, wie die Wüste Sahara in Afrika, fast ganz Arabien, große Gebiete in Zentral-Asien und der größte Theil von Australien.

Darum drängt sich die Menschheit hauptsächlich in den fruchtbarsten, regenreichsten Ländern der gemäßigten Zone zusammen, und zwar wohnen im jetzigen Erdalter etwa 9/10 aller Menschen in Europa, China, Vorderindien, am Nil



Abb. 40. Windhose oder Trombe.

in Aegypten und in den östlichen Staaten der nordamerikanischen Union, was ungefähr nur der zwölfte Theil von der gesammten Landoberfläche der Erde ist.

Zeigt sich schon in dieser Beschränkung der Menschheit

auf gewisse kleine Bezirke, daß die Naturgewalten keine Rücksichten auf das Menschendasein nehmen, so noch mehr in der noch jetzt stattfindenden Thätigkeit des Erdkörpers. Abgesehen von den atmosphärischen Vorgängen, den Orkanen, den furchtbaren Wirbelstürmen, den Wind- und Wasserhosen (Abbildung 40), den Ueberschwemmungen, Gewittern u. s. w., treten, wie einige Beispiele zeigten, durch Erdbeben und Vulkanausbrüche so oft große Unglücksfälle ein, daß man von einer vollkommenen Harmonie der physischen Verfassung der Erde und des menschlichen Daseins nicht sprechen kann. Aber wir Menschen müssen eben mit dieser Erde vorlieb nehmen und es bleibt **uns** überlassen, dieselbe so freundlich und wohnlich einzurichten, wie es die Naturgewalten und die natürlichen Verhältnisse gestatten.

IX. Abschnitt.

Zur Entwicklung des Mondes.

Man könnte fragen: Wozu braucht die Erde einen Trabanten, einen Begleiter und welchen praktischen Zweck hat eigentlich der Mond? Soll er wirklich das himmlische Nachtlicht vorstellen, so wie die Sonne das Tageslicht? Aber was nützt uns ein Nachtlicht, wenn es zu zwei Drittheilen des Jahres zum Leuchten untauglich ist? Würde eine Straßenbeleuchtung allgemein befriedigen, die nur an einem kleinen Theil des Jahres gut funktionirt?

Doch der Mond ist nun einmal da und er sieht interessant genug aus, wenn er sein mildes Licht über die Erde breitet, so daß einige Mittheilungen über seine besondere Entwicklung hier geboten erscheinen.

Wir können annehmen, daß sich der Mond vom Zeitpunkt seiner Sonderung von der Erde an im Wesentlichen wie diese weiter entwickelte, daß er seine Sonnenzeit, wie seine Sedimentärzeit hatte, jedoch mit dem Unterschiede, daß seine ganze Entwicklung viel schneller vor sich ging, als die der Erde, weil er viel kleiner ist als sie. Da sich die Abkühlungszeiten zweier Kugeln unter sonst gleichen Umständen ungefähr verhalten wie ihre Durchmesser, so ist der Mond jetzt vielleicht 4mal so weit in der Entwicklung vor, als unsere Erde, wenn man annimmt, daß beide Körper gleichen Ursprung und gleichen Anfangszustand hatten. Brauchte die Erde 1000 Millionen Jahre, um sich aus einem glühenden Gasballe bis zur jetzigen Kugel zu entwickeln, so war

der Mond mit dieser Entwicklung vielleicht schon vor 750 Millionen Jahren ziemlich fertig. So mußte auch die Sonnenzeit des Mondes, wie seine Sedimentärzeit von beträchtlich kürzerer Dauer sein, als bei der Erde. Ueberblicken wir die ganze Entwicklung der letzteren und stellen wir alsdann Schätzungen über die Dauer der Sedimentärzeiten an, so kommen wir zu dem Schluß, daß die Sedimentärzeit des Mondes jetzt schon seit lange abgelaufen sein muß. Ohne nach dem Monde hinzusehen, gelangen wir an der Hand der bisher gewonnenen Erkenntnisse zu der Ueberzeugung, daß das Wasser auf jenem Weltkörper, falls dort solches vorhanden, längst von der Oberfläche verschwunden sein, daß es sich dauernd mit den Gestein- und Erdmassen des Mondkörpers vereinigt haben muß, denn seine erkaltete Kruste muß jetzt nicht nur im Verhältniß, sondern im wirklichen Betrage eine viel größere Dicke haben, als die der Erde, wenn es überhaupt noch einen glühenden Kern im Mondinnern giebt. Da die atmosphärische Luft ebenfalls, gleich dem Wasser, allmälig von den Erden und Gesteinen aufgesogen wird, so muß auch die Luft des Mondes vielmal dünner sein, als die jetzige Luft der Erde.

Das Aussehen und die erkennbaren Einzelheiten der Mondoberfläche können nun die gezogenen Schlüsse gar nicht besser bestätigen, als es wirklich der Fall ist. Der Mond schaut mit seinem „Gesicht" während seines Umlaufes immer nach der Erde und so kommt es, daß sein Tag gerade so lange dauert, als wie sein Umlauf um die Erde. Die fast 15 Tage ununterbrochen andauernde Bestrahlung der Mondfläche durch die Sonne muß dort sehr hohe Temperaturen — man rechnet: bis zu 300 Grad Hitze — erzeugen, und wenn es dort noch freies Wasser oder Eis geben würde, so müßten sicherlich sehr bedeutende Massen von Wasserdampf

entwickelt werden, die für uns Erdbewohner nicht unsichtbar bleiben könnten. Von solchen Dampfmassen ist jedoch nichts wahrzunehmen. Nur hin und wieder scheinen schwache Trübungen über der Mondfläche zu entstehen, was als ganz geringe und seltene Bildung von Wasserdunst gedeutet werden kann. Im Uebrigen erscheinen die Linien und Einzelheiten des Mondes vollkommen klar, und auch aus anderen Beobachtungen geht hervor, daß die Atmosphäre des Mondes keinen Wasserdampf enthält und höchstens 1/300 so dicht ist, als die Atmosphäre unserer Erde; es zeigen z. B. Sterne, vor denen der Mond, von uns aus gesehen, vorüberzieht, bei ihrem Verschwinden wie beim Wiedererscheinen nicht die geringste Ablenkung, die durch die Beugung oder Brechung ihres Lichtes eintreten müßte, wenn der Mond mit einer hinreichend dichten Luft- und Dampfschicht umgeben wäre.

Es ist darum mit Sicherheit festgestellt, daß es auf der Mondoberfläche gegenwärtig weder freies, flüssiges Wasser noch Eis mehr giebt. Was man früher für Meere ansah: die großen mit bloßem Auge schon sichtbaren dunkeln Flecken (die der uns zugekehrten Mondseite das Aussehen eines runden Gesichtes geben), sind nichts weiter als dunkler gefärbte Flächen, möglicherweise Ablagerungen dunkler Gesteinmassen. Auf nachfolgender Abbildung, die den Mond zur Zeit des „ersten Viertels“ darstellt, ist ein Theil der Flecken zu sehen.

Wegen des Mangels an freiem Wasser, sowie wegen der absonderlichen Temperaturverhältnisse auf dem Mond, wo eine halbmonatliche furchtbare Hitze mit einer ebenso langen außerordentlichen Kälte wechselt, kann dieser Körper gegenwärtig auch nicht von lebenden Wesen bewohnt sein. Daß es daselbst früher flüssiges Wasser auf der Oberfläche gegeben habe, ist durch die aufmerksame Besichtigung dieses Weltkörpers wahrscheinlich geworden. Der mehrgenannte

Astronom Klein, der seit lange den Mond gründlich beobachtet, glaubte auf der Oberfläche desselben ausgetrocknete



Abb. 41. Der Mond zur Zeit des „ersten Viertels“.

Flußbetten, Ufer einstiger, jetzt verschwundener Meere u. dergl. zu erkennen.

Auch in der Formation der Erhöhungen, die man vorzüglich aus ihrem Schatten erkennt, zeigt der Mond Aehnlichkeiten mit unserer Erde. Nach dem Schattenwurf

konnte man auch die Höhe der Mondgebirge messen, und es erreichen die höchsten Mondberge nach diesen Messungen beinahe die höchsten Höhen der Erdgebirge, von den Ebenen ab gerechnet. Eine gewisse Klasse von Erhebungen, nämlich ringförmige Gebirge, Ringwälle und kleinere Höhenringe, die genau wie einstmalige Vulkankrater aussehen (wie auch Abbildung 42 einige zeigt), ist auf dem Monde allerdings bedeutend zahlreicher vertreten, als auf der Erde. Die Anzahl der ringförmigen Erhöhungen, die in allen Größen von über 30 Meilen Durchmesser bis herab zu wenigen tausend Fuß erkennbar sind, wird auf 30- bis 50,000 geschätzt, und der Mond erscheint an manchen Stellen wie davon übersäet. Von den größeren derartigen Gebilden, den eigentlichen Ringgebirgen (wie das hier abgebildete), giebt es nur wenige; man zählt 20 bis 24 Ringgebirge von 10 und mehr Meilen Durchmesser. (Der „Koppernikus" mißt etwa 12 Meilen im Durchmesser.) Am zahlreichsten sind die ganz kleinen Krater, von denen auch unsere Abbildung viele erkennen läßt. Doch ist auf dem Monde auch eine Anzahl eigentlicher Gebirgsketten zu sehen, denen zum Theil irdische Namen gegeben worden sind, wie die „Apenninen", die „Alpen", der „Kaukasus" u. s. w.

Wir dürfen die kleineren Höhenringe und die unseren Vulkanen völlig gleichenden Berge mit Krater-Vertiefungen als wirkliche ehemalige Vulkane des Mondes betrachten. Doch selbst solche Kratergebilde und Ringgebirge, die beträchtlich größer sind, als die größten Krater der Erde, können trotzdem noch immer eigentliche Vulkankrater sein. Unter den thätigen Vulkanen der Erde hat vielleicht der Kirauka auf Hawaii den größten Krater; dessen Außenkrater mißt über eine Meile im Durchmesser. Aber wenn es auf der Erde Vulkankrater von mehreren Meilen im Durchmesser

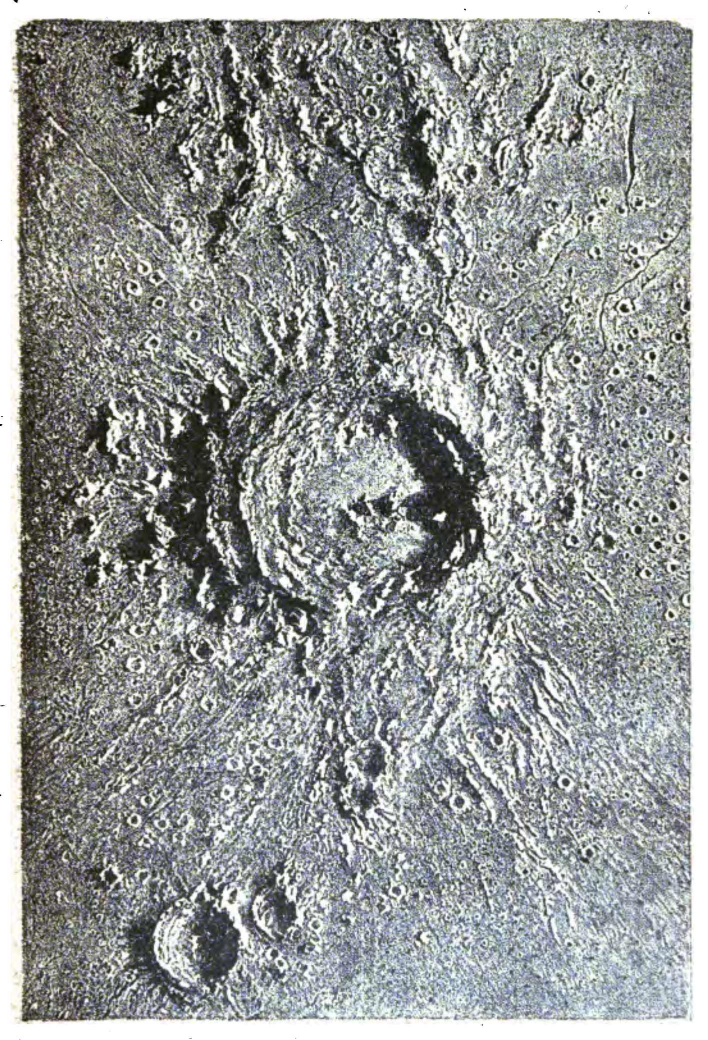


Abb. 42. Gegend auf dem Mond mit dem Ringgebirge „Koppernikus“. (Nach Nasmyth.)

giebt, wie es nach Darwin die Insel Mauritius ist, die einen vulkanischen Ringwall von 3 bis 5 Meilen Durchmesser vorstellt, so konnten auf dem Monde ganz gut Kraterbecken von 10 bis 15 Meilen Durchmesser entstehen, selbst wenn die dortigen explosiven Kräfte nicht heftiger waren, als die der Erde, denn auf der Mondoberfläche ist jede Stoffmasse nur etwa $1/6$ so schwer, als bei uns auf der Erde, d. h. wir würden auf dem Monde sechsmal so hoch springen können als hier, weil der Mond seiner geringeren Masse wegen eine viel kleinere Anziehung ausübt, als die Erde; außerdem sind die Bestandtheile des Mondes durchschnittlich überhaupt leichter, als die der Erde, wie auf Seite 20 angegeben ist. Entwickelten nun noch die vulkanischen Dämpfe aus irgend welchen Ursachen eine etwas größere Kraft, so lassen sich die großen Kraterbildungen des Mondes wohl fast erklären. Auch weisen die Gebirgsrippen um die Ringgebirge (zu vergl. Abb. 42) entschieden auf vulkanischen Ursprung der letzteren hin; sie entsprechen sehr schön den Spalten-Eruptionen, wie sie auf der Erde bei vulkanischen Ausbrüchen oft eintreten.

Für die größeren und großen mehr unregelmäßigen Gebirgskränze darf man auch annehmen, daß die eruptiven Kräfte ganze große Fladen der Mondrinde, große kuchenförmige Stücke emporgehoben haben mögen und daß dann an den Rändern dieser erhobenen Stücke aus den dort entstandenen Rissen das flüssige Innere emporgedrungen sei (zu vergl. Seite 222). Auch auf der Erde finden wir genug bogenförmige Gebirge, allerdings nirgends einen vollständigen Ring, sondern eben nur Bogen, wie z. B. die Mittel- und West-Alpen und deren Verbindung mit den Apenninen, die transsilvanischen Alpen mit dem Balkan als Fortsetzung, die granadischen Gebirge in Spanien und deren Fortsetzung

in Nordafrika u. a. Die ganz kleinen und kleinsten Vertiefungen sind womöglich die Fallspuren ungeheuerer Steine, welche die großen Vulkane ausgeschleudert haben und die dann wieder zur Mondfläche niederfielen und tief einschlugen.

Meydenbauer behauptet, daß alle Ringgebilde des Mondes nichts Anderes seien, als die kreisförmigen Spuren von niedergefallenen Meteorbällen, von Massen, die aus dem Weltraum auf den Mond niedergestürzt sind, ähnlich dem ringförmigen Aufwurf, der im hohen Staube erzeugt wird, wenn man ein Stück Erde oder eine Staubmasse darauf niederfallen läßt. Den Mond hält er für eine aus lauter Staub bestehende Kugel, die niemals glühend und flüssig gewesen sei. (Zu vergl. Anhang Nr. 45.) Meydenbauer war eifrig bemüht, die Entstehung der Ringgebirge in der angegebenen Art zu beweisen. Doch ist seine Hypothese von vornherein unglaubwürdig, weil sie der wohlgestützten Weltentwicklungslehre, wie sie hier gegeben wurde, widerspricht, ganz abgesehen davon, daß dieselbe die auffälligen spitzen Berge in der Mitte der meisten Mondkrater nicht erklärt. Dagegen sehen wir innerhalb großer Krater auf der Erde vielfach kleinere Kraterberge, die später aufgeworfen wurden. Um die Ringgebirge und Krater des Mondes als Fallspuren zu erklären, müßte man auch annehmen, daß alle Meteormassen genau auf den Mittelpunkt des Mondes zu (zentral) gestürzt seien; dies könnte aber nur in der geringsten Anzahl der Fälle stattgefunden haben; die meisten solcher Massen müssen schief herangekommen sein und ihre Spuren müßten zum Theil sehr langgestreckt erscheinen: als Gruben mit Schweif. Da die Kreisform bei diesen Gebilden aber vorherrscht, so ist fast erwiesen, daß sie Erzeugnisse einer eigenen Thätigkeit des Mondes sind. So bleibt die vulka-

nistische Erklärung der Gebirgskränze und Krater die wahrscheinlichste.

Ein hochinteressanter Umstand ist der schon vorhin erwähnte, daß der Mond immer die gleiche Seite der Erde zukehrt, daß er also, auf die Erde bezogen, keine Axendrehung besitzt. Wenn wir annehmen, daß der Mond mit seinem „Gesicht" nicht immer so nach der Erde hinsah, wie es jetzt der Fall ist, sondern daß er sich ehemals um eine Axe drehte, so kann der Grund des jetzigen Stillstandes nur in der Wirkung unserer Erde gesucht werden, weil der Stillstand ja nur auf die Erde bezogen stattfindet. Eine solche Wirkung von hervorragender Bedeutung muß, solange der Mond ein flüssiger oder mit Flüssigkeiten dick umgebener oder damit angefüllter Körper war, die Anziehung der Erde ausgeübt haben, die auf dem Mond ähnliche Fluthungen, nur noch in viel stärkerem Grade, erzeugen mußte, wie es jetzt noch der Mond auf unserer Erde thut. Wenn eine flüssige oder weiche Kugel, die sich dreht, durch die Ursachen der Fluthung (s. Anhang Nr. 55) während der Drehung eine längliche Form erhält, die in einer gewissen Richtung (nämlich in der Richtung nach dem die Fluthung veranlassenden Körper hin), feststehen bleibt, so muß sich die ganze Masse der Kugel bei der Drehung durch diese Form gleichsam hindurchwinden. Hierbei muß die Axendrehung der Kugel einen Widerstand erfahren (ähnlich dem jedem Maschinenbauer bekannten Steifheitswiderstande bei Seilen und Riemen, die um Räder laufen und sich abwechselnd krümmen und immer wieder strecken müssen), der allmälig den Schwung der Drehung aufzehren und schließlich Stillstand der Kugel herbeiführen muß. Auch bei dem Stillstande wird dann die Kugel noch die längliche Fluthungsgestalt zeigen.

Der Stillstand des Mondes läßt sich in dieser Weise sehr gut erklären; auch die nach der Erde zu etwas verlängerte Gestalt ist wirklich vorhanden, wie die Astronomen festgestellt haben. Freilich ist diese Erklärung nur zulässig unter der Annahme, daß der Mond einst flüssig war.

Unter den mannigfachen Gebilden der Mondoberfläche sind noch die sogenannten Rillen sehr bemerkenswerth, die wir als breite Risse und Spalten der Mondkugel ansehen müssen. Möglicherweise entstehen auch in Zukunft noch Risse auf dem Monde, sodaß von einer vollkommenen Unveränderlichkeit des jetzigen Mondkörpers nicht die Rede sein könnte. Uebrigens scheint es, als ob dieser Begleiter der Erde auch sonst noch nicht gänzlich in Ruhe getreten wäre. Klein entdeckte im Jahre 1877 auf der Mondoberfläche eine Kratersenkung, die, nach vorgenommenen Nachforschungen zu schließen, um jene Zeit neu entstanden sein muß, und auch durch die Beobachtungen anderer Astronomen, wie Schmidt's in Athen, sind Veränderungen einzelner Gebilde des Mondes wahrscheinlich geworden.

X. Abschnitt.

Ursprung und Entwicklung der Kometen und Meteore.

Ueber keinen Gegenstand der Astronomie gehen die Ansichten unterrichteter Männer weiter auseinander, als über die Natur und die wahre Beschaffenheit der Kometen, jener wunderbaren Wanderer durch die Räume der Welt, die wir bereits Seite 27 u. f. näher kennen lernten. Die außergewöhnlichen Erscheinungen der Kometen gaben schon dem Aberglauben Veranlassung zu den verschiedensten Deutungen, so z. B. hielt man diese Weltkörper für Vorzeichen von allerlei Unglück, als Krieg und Krankheiten, allgemeines Morden und Rauben, Theuerung und Hungersnoth, außerordentliche Hitze oder Kälte, Erdbeben, Sturm, Wassersgefahr u. s. w., doch auch für Verkündiger guter Witterung, guter Weinernte; ferner für menschliche Geister, die in den Himmel fahren, wurden die Kometen angesehen und was dergleichen Thorheiten mehr sind. Doch auch die wissenschaftlichen Erklärungen unserer Tage decken sich noch nicht vollständig mit den sonderbaren Erscheinungen dieser Himmelskörper, und theilweise stehen die Erklärungen einander gerade gegenüber. Wohl steht es fest, daß die Kometen keine bloßen Erscheinungen unserer Atmosphäre, keine Ansammlungen von leuchtenden Dünsten sind, was man früher glaubte, sondern meist große Weltkörper, die in ihrer größten Annäherung an unsere Erde meist noch viel weiter von uns wegbleiben, als der Mond von uns absteht. Aber aus welchen Stoffen diese Körper bestehen, in welchen Zuständen der Temperatur,

des Zusammenhangs u. s. w. sie sich befinden, darüber existiren in der Wissenschaft noch jetzt die verschiedensten Ansichten. Einige sind geneigt, die Kometen für glühende Gaswolken zu halten, Andere sehen in ihnen hauptsächlich nur Anhäufungen von Meteoren, von kleinen festen oder flüssigen Körpern. Wieder Andere glauben auf feste metallische Kerne in den Kometenköpfen schließen zu müssen u. s. w. Vielleicht hat jeder von ihnen Recht. Nach den bisherigen Beobachtungen darf man indessen für wahrscheinlich halten, daß die Kerne der größeren Kometen, also die dichtesten Knoten im Kopfe derselben, aus sehr dichten Gasen oder aus Anhäufungen von flüssigen Körperchen (ähnlich unseren Regenwolken) bestehen, die von Gasmassen oder Dämpfen umgeben sind. Ob diese Stoffe im gewöhnlichen Sinne glühen oder nicht, kann noch nicht mit voller Bestimmtheit gesagt werden. Die spektroskopische Untersuchung ließ bisher stets die Anwesenheit glühender Gase im Kopf und zum Theil auch im Schweif mehr oder weniger deutlich erkennen. Der große Komet im Jahre 1882 erschien nicht als dunkler Körper, als er vor die Sonne trat, er leuchtete sonach wahrscheinlich mit eigenem Licht. Doch ist es nach den verschiedenen neueren Untersuchungen sehr *wahrscheinlich*, daß wir es hier mit einer Art *elektrischem Glühen* zu thun haben, hervorgerufen durch elektrische Prozesse, die von den Wirkungen der Sonne in irgend einer Art veranlaßt werden mögen. Daß die Sonnenwärme auch elektrische Erscheinungen mittelbar hervorrufen kann, beweisen unsere Gewitter. Wäre das Glühen der Kometengase ein Glühen im gewöhnlichen Sinne, so müßte es uns viel beständiger erscheinen, als es bei den Kometen der Fall ist, deren Lichtentwicklung offenbar von den Einwirkungen der Sonne abhängt. Die Stoffe, welche zum Mindesten in den Kometen

glühen, scheinen Kohlenwasserstoffgase, ähnlich gewissen Petroleumgasen, zu sein. Außerdem hat sich bei einigen Kometen in der Nähe der Sonne Natrium und Stickstoff im glühenden Zustande bemerklich gemacht.

Der Ungewißheit über die Natur und die Zustände der Kometenmassen zufolge bestehen auch über den Ursprung und die Entwicklung der Kometen die widersprechendsten Meinungen. Der gedankenreiche du Prel z. B., dem die Kosmogonie, wie schon früher erwähnt, hervorragende Arbeiten verdankt, nimmt in der neuesten Ausgabe seiner „Entwicklungsgeschichte des Weltalls" (Leipzig 1882) an, daß die Kometen ehemals Planeten gewesen seien, die, ursprünglich in dem Raume des Planetensystems in planetarischen Bahnen umlaufend, durch die Anziehung der anderen Planeten Veränderungen ihrer Bahnen erlitten hätten und aus den Räumen der Planetenkreise hinausgeworfen worden seien, seit welcher Zeit sie in den bekannten langgezogenen Bahnen einherliefen. Diese Annahme des genannten Gelehrten ist darum wenig begründet, weil dabei vorausgesetzt ist, daß es eine Zeit gegeben habe, wo alle Materie des Sonnensystems und der Kometen in dem winzig kleinen Raume der Planetenbahnen versammelt gewesen sei, daß ferner aus der gegenseitigen Anziehung der Planeten derartige Schwungkräfte entspringen können, die im Stande wären, einen der betheiligten Körper in die unermeßlichen Fernen der Kometen-Aphelien hinauszutreiben. Was die erstere Voraussetzung betrifft, so ist es wohl richtiger und den bestehenden wissenschaftlichen Ansichten über die Weltentwicklung angemessener, anzunehmen, daß die Ur-Materie auch außerhalb der Planetenregion verbreitet gewesen sei, wie wir in den Abschnitten IV und V gethan haben, statt zu glauben, daß sich alle Materie der Kometen wie des

Sonnensystems ursprünglich nicht weiter als bis zu den engen Grenzen des jetzigen Planetensystems erstreckt habe, und daß der übrige Weltraum bis zu den nächsten Fixsternen ringsum vollkommen leer gewesen sei. Vertheilen wir nur allein die Materie des Sonnensystems gleichmäßig in dem Raume innerhalb der Neptunsbahn, so erhalten wir zweifellos immer noch eine viel dichtere Besetzung mit Stoff, als bei der Vertheilung aller Kometenmassen in den weiten Räumen zwischen den Fixsternen. Ging aber der Gasballen des Sonnen- und Planetensystems, wie wir in jenen Abschnitten annehmen mußten, aus einer noch viel weiter ausgedehnten gasigen Masse durch Verdichtung und Ansammlung hervor, so mußten auch außerhalb der Planetenverdichtung noch genug Gase übrig bleiben, aus denen sich Weltkörper zusammenballen und entwickeln konnten, die dann aber kometarische Bahnen einschlagen mußten, wie dort (Seite 109 u. f.) bereits dargelegt wurde.

Ganz unhaltbar aber ist die Meinung du Prels, daß die gegenseitige Anziehung der Planeten fähig gewesen wäre, den größten Theil der Planeten in Fernen hinauszuschleudern, neben welchen nicht nur die ehemaligen gegenseitigen Abstände der Planeten, sondern der ganze Durchmesser des Planetensystems fast verschwindet. Wenn wir bei den Perihelddurchgängen der Kometen sehen, daß nur die Anziehung der Sonne hinreicht, jene Weltkörper mit einem gewaltigen Schwunge wieder in die Fernen zurückzutreiben, von wo sie herkamen, so bleibt uns gar nichts Anderes übrig, als anzunehmen, daß die Kometen ursprünglich aus sehr großen Fernen stammen.[60])

Wir übergehen die verschiedenen sonst noch aufgestellten wenig haltbaren Hypothesen[61]) über den Ursprung der Kometen und wollen zunächst einmal zusammenfassen, was über

Natur und Beschaffenheit dieser Körper unzweifelhaft feststeht. Wir werden sehen, daß wir bis auf weitere Aufschlüsse über dieselben unsere Hypothese vorläufig festhalten können, wie sie schon im Abschnitt V angedeutet wurde.

Als unzweifelhafte Thatsachen, soweit sie hier in Betracht kommen, können nachstehend bezeichnete gelten:

1. Die Kometen kommen in langgestreckten Bahnen zur Sonne heran und meist aus sehr großen Fernen und zwar aus allen möglichen Richtungen des Raumes.

2. Die Bahnen und Bewegungen der Kometen entsprechen den Gesetzen der Schwere und demnach sind die Kometen wirkliche materielle Massen.

3. Die Kometen sind beträchtlich lockerer und ihrer Masse nach kleiner, als unsere Planeten und die Sonne, obschon ihre Ausdehnungen die der Planeten oft ungeheuer übertreffen.

4. Die Anzahl der Kometen ist eine ungeheuer große.

Gehen wir davon aus, daß die einzelnen Sonnensysteme, so wie in den Abschnitten IV und V gelehrt wurde, ursprünglich als Gasmassen aneinander gegrenzt haben und ineinander übergeflossen sind, daß später allmälig Trennung und Häufung der Gase an einzelnen Stellen eintrat und daß dann aus den Häufungen die einzelnen Sonnensysteme sich entwickelten, so müssen wir auch annehmen, daß die Räume zwischen den Sonnensystemen damals *nicht vollständig leer* wurden, sondern daß dort noch große Massen äußerst dünner Gase zurückblieben, welche in allmäligen Uebergängen von einem System zum andern reichten. Diese dünnen Gase der Zwischenregionen mußten sich allmälig ebenfalls verdichten, aber nicht unter Vereinigung zu wenigen einzelnen Haufen, sondern in unzählige kleinere Massen, weil die Verdichtungsballen im Allgemeinen umso zahlreicher und kleiner ausfallen, je dünner, feiner und ausgebreiteter

die Gase vorher waren, wie früher schon mehrfach dargelegt wurde.

Mögen nun die benachbarten Sonnensysteme, aufeinander bezogen, sich bewegt haben oder nicht: stets werden die übrig gebliebenen Zwischengase im Allgemeinen um so unentschiedener in ihren Bewegungen gewesen sein und um so ruhiger im Raum gestanden haben, je mehr sich ihr Standort nach der Mitte (genauer dem gemeinschaftlichen Schwerpunkt) zu, zwischen zwei solchen Nachbarsonnen, befand, wie es auch in der Natur der Sache liegt, daß vorzugsweise nur jene Gase in den Zwischenregionen zurückbleiben konnten, die sich (auf die benachbarten Sonnensysteme bezogen) wenig oder gar nicht mehr bewegten. In den langsamen Bewegungen der Kometen zur Zeit ihrer Sonnenferne, welche die Rechnungen ergeben, haben wir wahrscheinlich annähernd die ursprünglichen Bewegungen der Kometengase vor uns. Der große Komet vom Jahre 1680 z. B. bewegt sich in seinem Aphel in der Sekunde (nach Encke) nur 3 Meter vorwärts, der Halley'sche Komet macht im Aphel nur 1/4 Meile in jeder Sekunde u. s. w. Daß diese zwischenweltlichen Massen, die wir neben den Sonnenverdichtungen als Verdichtungen zweiter Ordnung bezeichnen können, unter der schwachen Anziehung der fernen Sonnensysteme am Ende allmälig sturzähnliche kometarische Bahnen einschlagen müssen, wurde auch schon im V. Abschnitt kurz ausgeführt. In der That ist die Bahn eines Weltkörpers um einen anderen von großer Anziehung desto gestreckter, je geringer seine Bewegung, auf diesen anderen Körper bezogen, zu irgend einer Zeit war. Ein Körper, der ursprünglich ohne alle Bewegung ist und von einem anderen angezogen wird, bewegt sich alsdann in gerader Linie mit steigender Geschwindigkeit auf den anziehenden Körper zu. Würde z. B. der Mond in seiner

Bewegung um die Erde (die etwa 1020 Meter pro Sekunde beträgt), plötzlich ganz gehemmt werden, so würde er in gerader Linie gegen die Erde stürzen, wozu er etwa 5 Tage Zeit brauchen würde.

Besitzt nun aber ein solcher Körper ursprünglich eine schwache Seitenbewegung (Tangentialbewegung), so trifft er bei seinem Sturze nach dem anziehenden Körper hin nicht auf diesen auf, sondern er schießt bei ihm vorbei und zwar ist die Abweichung um so größer, je größer die ursprüngliche Bewegung war, und so entstehen unter der Wirkung der Anziehung die langgezogenen Bahnen, welche bereits Seite 31 u. f., sowie Seite 88 beschrieben wurden.

Alle die Gase, die im Weltraum zwischen den Planetensystemen zerstreut blieben, mußten solche langgezogene Kometenbahnen einschlagen, d. h. sie mußten Kometen oder Meteore (zu vergl. Seite 258 u. f.) werden.

Nach der hier angegebenen Hypothese des Ursprungs der Kometen können die Stoffe derselben sich nicht mehr in irgend einem Glühzustande befinden. Sind sie hier bei uns in der Nähe der Sonne auch wirklich gasförmig, so brauchen sie dies nicht auch draußen im Aphelium zu sein. Möglicherweise verdichten sie sich draußen, wo andere Temperatur- und Druckverhältnisse bestehen müssen, als hier im Raume des Planetensystems, zu Schwärmen fester Körper anderer Art, als wir sie kennen und lösen sich erst wieder in Gase und Dunst auf, wenn sie zu uns herein in die Nähe der Sonne kommen. Der Temperatur-Unterschied zwischen der Nähe der Sonne, bis zu der die Kometen herankommen, und draußen im fernen Weltraum ist zweifellos ein ganz ungeheuerer.

Unserer Lehre vom Ursprung der Kometen widersprechen die zweifellos feststehenden Thatsachen nicht, ja die außer-

ordentlich langgestreckten Bahnen, die räthselhafte Lockerheit der Kometen, ihre große Anzahl und noch manches Andere sind vielleicht nur aus der hier vorgetragenen Hypothese allein ausreichend zu erklären.

Ueber die verschiedenen Erscheinungen, wie sie die Kometen bei ihrer Annäherung an die Sonne und im Perihel darbieten, läßt sich heute noch nicht viel Bestimmtes erklären. Betrachten wir die Kometenköpfe, wenn sie in unserem Gesichtskreise (der sich für die Kometen etwa nur bis zur Jupitersbahn erstreckt) erscheinen, hauptsächlich als Ansammlungen von Gasen und Dämpfen und berücksichtigen wir dazu, welchen Temperaturschwankungen sie auf ihrem Laufe ausgesetzt sind, und besonders, in welche ungeheure Wärme sie gerathen, wenn sie in die nächste Nähe der Sonne kommen, so werden uns die Veränderungen schon einigermaßen erklärlich, die sich in ihren Gestalten während ihres Laufes um die Sonne vollziehen. Die Astronomen sind auch ziemlich einig darin, daß die Vorgänge in den Kometenmassen, die Veränderung der Kerne, die Ausströmungen, die Absonderung von Nebelhüllen, die Vergrößerung des Dunstkopfes, wie überhaupt die Erzeugung von Lichtmasse aus dem Kern zu einem großen Theil Folgen von allerlei Verdampfungs- und Auflösungsprozessen seien, die unter der Einwirkung der Sonnenwärme vor sich gehen. Freilich bleibt dabei zu erklären, warum die (zuerst) gegen die Sonne hin aufsteigenden Massen sich später fast immer rückwärts wenden und in den Schweif übergehen, wie hier in Abbild. 43, die den Kopf des großen Donati'schen Kometen von 1858 darstellt, zu erkennen ist. Friedrich Zöllner in Leipzig erklärte in Anlehnung an Vermuthungen und Hypothesen von Bessel, Olbers, Lamont u. A. dieses Abfließen der Schweifmassen von der Sonne weg als Folge elektrischer

Abstoßung. Man denkt sich dabei die Sonne, wie die Kometenmasse, elektrisch wirksam[62]). So läßt sich vielleicht das Fliehen der Schweifmaterie wie das Glühlicht der Kometen durch die Elektrizität befriedigend erklären.



Abb. 43. Kopf des Donati'schen Kometen von 1858.

Manche der Gestaltveränderungen mögen übrigens auch die Folgen einer Axendrehung sein, welche den Kometen gewiß auch nicht ganz fehlen wird.

Während Kern und Kopf unzweifelhaft den eigentlichen wandernden Körper des Kometen bilden, erscheint es geradezu unmöglich, daß der Schweif ein eigentlicher mit durch den Raum ziehender anhängender Schweif und Schwanz eines solchen Weltkörpers sei. Alles, was man an den Schweifen beobachtete, widerspricht einer solchen Annahme. Die Schweife nehmen so riesige Dimensionen an, sind von so ungeheuerer Leichtheit und Durchsichtigkeit[63]), bewegen sich zudem mit so außerordentlicher Geschwindigkeit, daß man sie eher für bloße Lichterscheinungen ähnlich den Strahlen der magnetischen Polarlichter (Nordlichter), als für körperliche Gegenstände halten möchte. Da die Schweife (wenigstens die Hauptschweife) sich stets nach der der Sonne entgegengesetzten Seite hin erstrecken, so können die Geschwindigkeiten der Schweif-Enden ganz ungeheuere werden. Der große Komet vom Jahre 1843 kam der Sonne so nahe, daß er durch die

Korona lief und daher gerieth er auch in eine ganz enorme Geschwindigkeit; er legte im Perihel nicht weniger als 75 Meilen in jeder Sekunde zurück. Wenn nun der Schweif dieses Kometen, der etwa 30 Millionen Meilen lang war, während des Periheldurchganges stets von der Sonne abgewendet blieb (wie bei mehreren großen Kometen beobachtet worden ist), so durchmaß er mit seinem Ende, einen ungeheuren Bogen beschreibend, in jeder Sekunde eine Strecke von 20,000 Meilen; das ist eine Geschwindigkeit, für welche wir nur in den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Lichtes, der Elektrizität u. s. w. Beispiele haben, nicht aber in den eigentlichen Bewegungsgeschwindigkeiten von Stoffen und Massen. Man hat, um die Erscheinungen des Schweifes zu erklären, den letzteren mit einer Dampfsäule verglichen, die beständig ausströmt, ähnlich wie die Rauchsäule bei einer fahrenden Lokomotive. Nach dieser Erklärung wäre der Schweif ein leuchtender Strom von verdampfter Kometenmaterie, die von der Sonne abgestoßen in den Raum hinausfliegt, was mit der oben erwähnten Hypothese Zöllner's übereinstimmt. Ist der Schweif ein nach auswärts gerichteter Strom, so muß auch eine Krümmung desselben nach rückwärts in der Ebene der Bahn des Kometen entstehen, ebenso wie die Krümmung eines Wasserstrahls bei einem Spritzenschlauch, den man mit der Hand bewegt. Solche Krümmungen wurden auch thatsächlich vielfach beobachtet; besonders schön war die Krümmung beim Donati'schen Kometen von 1858 vorhanden (s. Abbildung Seite 29).

Auch die Kometen mit kurzer Umlaufszeit und geringer Sonnenferne haben ihre eigentliche Heimath vielleicht in den ferneren zwischensternigen Regionen des Weltraums, denn erstlich können die Bahnen der leichtbeweglichen Kometen

durch die Anziehung der viel schwereren Planeten, bei denen sie vorbeiziehen, beträchtlich verändert werden, und dann scheint es nach manchen Untersuchungen, daß die Bahnen der Kometen, und zwar derjenigen mit großer Sonnennähe am meisten, im Laufe der Zeit verkürzt und verkleinert werden — wahrscheinlich infolge des Widerstandes der Weltatmosphäre, des früher schon genannten Aethers, der in der Nähe großer Körper, wie es die Sonne ist, viel dichter sein muß, als in den entfernteren Räumen. Klinkerfues berechnete, daß der große Komet von 1880 im Jahre 1897 oder 1898 und dann nur 10 Jahre später zur Sonne wiederkehren werde. Dieser Komet stürzt dann (wenn Klinkerfues's Rechnung richtig ist) möglicherweise bei der ersteren oder der zweiten Wiederkehr in die Sonne, denn man glaubt, daß er derselbe sei, wie der große Komet vom Jahre 1843, ferner wie der von 1668 und der von Aristoteles beobachtete vom Jahre 371 vor Beginn gegenwärtiger Zeitrechnung; Klinkerfues nahm auf Grund seiner Rechnungen an, daß dieser Komet seine Umlaufszeit von 2039 Jahren auf 175, dann auf 37 Jahre verkürzt habe, und es werde jetzt eine weitere Verkürzung auf 17 bis 18 Jahre und dann eine auf 10 Jahre eintreten.

Die Kometen von kurzer Umlaufszeit können indessen auch auf eine andere Weise entstanden sein, als die von längerer, denn es ist durchaus nicht nothwendig, anzunehmen, daß alle Kometen denselben Ursprung haben. Nach der Theorie muß auch jeder beliebige Planet eine kleine Kometenbahn einschlagen, wenn er bei seiner kreisähnlichen Bewegung verzögert oder beträchtlich gestört wird. Insofern erscheint die von Falb in Anlehnung an Zöllner aufgestellte Hypothese beachtenswerth. Falb behauptet, daß die Kometen Trümmer von Planeten seien, die bei Begegnungen unseres

Sonnensystems mit anderen Sonnensystemen in früherer Zeit durch Zusammenstoß von Planeten entstanden wären. Kann man nach unserer derzeitigen Erkenntniß über die Welt die Möglichkeit nicht ausschließen, daß ganze Weltkörper und Planetensysteme da oder dort im Raum aufeinander stoßen, so wie auf dem Ozean oft zwei große Schiffe, so verlangt auch die Frage ihre Beantwortung, was aus den Trümmern wird, die bei einer solchen Katastrophe entstehen. Doch kann diese Hypothese nur für die Kometen von kürzeren Umlaufszeiten in Betracht kommen. Da die letzteren Kometen fast sämmtlich keinen Schweif haben, so ist die Annahme einer anderen Entstehungsart für diese wohl zulässig. Indessen kann die Schweifbildung eines Kometen auch dadurch mit der Zeit aufhören, daß die Stoffe zur Neige gehen, welche in der Sonnennähe als Schweif aus dem Kerne und Kopfe ausströmen.

In der neuesten Zeit ist die wichtige Entdeckung gemacht worden, daß mehrere Kometen in denselben Bahnen einherlaufen, wie gewisse Schwärme von Sternschnuppen, jener kleinen Weltkörper, die am Sternenhimmel bisweilen aufleuchten und wie fliegende oder fallende Sterne erscheinen. Solche Sternschnuppen kann man in jeder Nacht beobachten, aber zu gewissen Zeiten des Jahres stellen sie sich auffallend zahlreich ein; es sind das namentlich die Nächte des 9. bis 13. und die des 19. bis 23. April, des 26. bis 29. Juli, des 8. bis 13. August (am 10., dem Laurentiustage, sind es nach einem alten Kirchenkalender „die feuerigen Thränen des heiligen Laurentius"), des 12. bis 14. November und des 6. bis 13. Dezember. In den Sternschnuppen hat man kleine Körper erkannt, die durch den Weltraum ziehen und uns als Lichtpunkte

erscheinen, sobald sie mit der Lufthülle unserer Erde (in Höhen von 10, 20 und mehr Meilen) zusammentreffen. Vermöge ihrer großen Geschwindigkeit, mit der diese Körper in unsere Atmosphäre eintreten (ihre Eigenbewegung scheint durchschnittlich 5 bis 7 Meilen auf die Sekunde zu betragen), erhitzen sie sich durch Reibung und Stoß in und



Abb. 44. Vierfache Feuerkugel vom 27. Juli 1874

an der Luft, die ja geradeso gut ein Stoff ist, wie Holz oder Stein, nur viel leichter und weicher, gerathen ins Glühen, verdampfen oft, wie der Schweif zeigt, der dann zu beobachten ist. Größere Sternschnuppen, von denen schon manche so groß ausgesehen haben, wie der Mond, heißen **Feuerkugeln** und solche Körper zerplatzen, während sie hochglühend werden, meist unter weithin hörbarem Donnergetöse, wie Raketen in viele Stücke, die dann gewöhnlich als Meteorsteine (Meteorite) zur Erde stürzen. Bisweilen erscheinen die Feuerkugeln mehrfach, wie die hier abgebildete vom 27. Juli 1874, die **Tacchini** beobachtete, auch als glühende, schwarmartige Gebilde, in welchen Fällen sie schon für fliegende feuerige Drachen gehalten wurden.

Die kleineren Erscheinungen, die Sternschnuppen, können zum Theil sehr entfernte Feuerkugeln sein, jedoch sind sie

wohl in den meisten Fällen wirklich kleine Körper, denn man sieht die Sternschnuppen höchst selten in Stücke platzen; gewöhnlich mögen sie wegen ihrer Kleinheit völlig verdampfen und alsdann als meteorischer Staub in alle Winde verweht werden.

Nach Newcomb besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen Sternschnuppen und Feuerkugeln, sofern man ihr Aussehen und ihr Spektrum ins Auge faßt, und es sind alle Uebergänge von den kleinsten Sternschnuppen bis zu den größten seltensten Feuerkugeln zu beobachten. Nur die Geschwindigkeit ist bei den Feuerkugeln, wie einige Berechnungen zeigten, wahrscheinlich etwas größer, als bei den Sternschnuppen, woraus der Astronom schließt, daß die größeren Massen durchschnittlich aus größeren Fernen kommen und ursprünglich eine größere Geschwindigkeit besaßen, als die Sternschnuppenmassen.

Wie groß die Körper der kleinsten Sternschnuppen sind, ist unbekannt; dagegen hat man die Größe vieler Feuerkugeln nach ihrer Entfernung und scheinbaren Größe bis zu mehreren tausend Meter Durchmesser schätzungsweise berechnet. Eine Feuerkugel, welche am 19. März 1718 in einer Höhe von 60 Meilen über England hinzog, berechnete Halley auf 8000 Fuß Durchmesser; den Durchmesser einer anderen, die in der Nacht vom 4. zum 5. Januar 1837 in Frankreich und Deutschland gesehen wurde, ermittelte Petit zu 6000 Fuß. Die Feuerkugel vom 18. August 1841 soll nach Petit sogar einen Durchmesser von nahezu 12,000 Fuß, also ½ Meile gehabt haben. Diese Resultate sind höchst unsicher, weil die glänzenden Feuerkugeln gewiß oft größer erscheinen, als sie wirklich sind; doch erreichen sie gewiß mindestens oft Hunderte von Fußen im Durchmesser. Die in neuerer Zeit gemessenen Feuerkugeln werden meist nur zu einigen hundert Fuß angegeben.

Die Meteorite, die solchen Feuerkugeln entstammen, bilden bisweilen einen förmlichen Regen großer und kleiner Steine. Die Meteoritenfälle, von denen die Geschichte sehr viele verzeichnet, sind nicht ganz ungefährlich, wenn sie auf bewohnte Gegenden treffen. Es sind von den Meteoriten schon oft Menschen erschlagen und Häuser angezündet worden. Im Jahre 823 sollen in Sachsen durch einen großartigen Meteoritenfall viele Menschen getödtet und 35 Dörfer in Brand gesteckt worden sein. In neuerer Zeit haben außer vielen geringeren Meteoritenfällen oder solchen, wo nur einzelne größere oder kleinere Stücke herabkamen, bedeutendere Ereignisse dieser Art im Jahre 1511 zu Crema in Italien, 1723 zu Pleskowitz in Böhmen, 1694 zu Siena in Italien, 1803 zu l'Aigle in Frankreich, 1808 zu Stannern in Mähren, 1852 zu Mező-Madaras in Siebenbürgen, 1860 in Ohio und 1868 zu Pultusk in Rußland stattgefunden. Man hat schon Meteorsteine von beträchtlicher Größe herabfallen sehen, wie z. B. den Meteorstein, der im Jahre 921 bei Narni in Italien in den dortigen Fluß fiel und nach dem Bericht eines Mönches noch eine volle Elle aus dem Wasser ragte. An verschiedenen Stellen der Erde hat man Meteoreisen-Massen gefunden, die bis zu Hunderten von Zentnern schwer sind und die ihrer Zusammensetzung nach mit den kleineren Meteoreisensteinen übereinstimmen, deren Niederfallen man wirklich beobachtet hat.

Es ist von den Astronomen festgestellt worden, daß die Sternschnuppen und Feuerkugeln, die man gemeinschaftlich Meteore nennt, sich in ähnlichen langgezogenen Bahnen, wie die Kometen, theilweise in ganzen Schwärmen beieinander, durch den Weltraum und um die Sonne bewegen, auch ebenso, wie diese, in den verschiedensten Neigungen und Richtungen. Manche dieser Meteorschwärme dehnen sich, gleich-

mäßiger vertheilt, über ihre ganze Bahnlinie aus. Solche Bahnen, auf denen die Meteore dahin ziehen, durchschneiden auch vielfach die Bahn der Erde, wie es nachfolgende Figur darstellt und wenn dann die Erde gerade den Schnittpunkt passirt, so fallen die Sternschnuppen reichlicher als sonst. So erklärt sich auch, daß die Nächte mit zahlreichen Meteorerscheinungen immer auf dieselben Jahrestage treffen. Geht die Erde aber gar durch einen ganzen Schwarm hindurch (in Abbildung 45 ist auch ein Schwarm angedeutet), so erleben wir einen reichen Sternschnuppenfall, wie der jüngste vom 27. November 1885. Das tritt allerdings seltener ein, weil ein solcher Schwarm eben auch seine Umlaufsbewegung hat. Uebrigens sind die Meteorströme so zahlreich, daß wir in jeder klaren Nacht, wie schon bemerkt, Sternschnuppen beobachten können, und Milliarden solcher Körper ziehen, wie es scheint, ganz zerstreut im Weltraum umher.

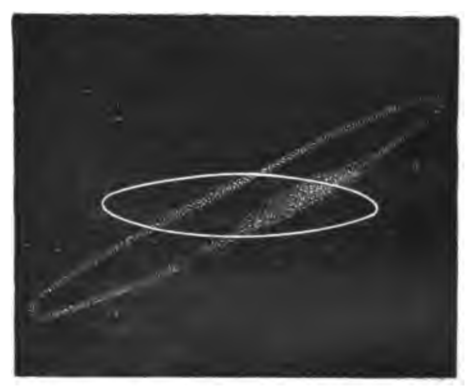


Abb. 45. Sternschnuppenring und Erdbahn.

Was nun die vorhin erwähnte Gemeinsamkeit der Bahnen mancher Kometen und Meteorschwärme betrifft, so wurde eine sehr annähernde Uebereinstimmung der beiderseitigen Bahnen zuerst von dem italienischen Astronom Schiaparelli für den Laurentiusstrom und den dritten Kometen von 1862, alsdann von verschiedenen Astronomen für den Meteorstrom vom 12. bis 14. November und den ersten Kometen von 1866

und alsdann noch für mehrere andere Kometen und Meteore erkannt. Die Lagen der Bahnebenen jener beiden Kometen- und Sternschnuppenbahnen und die der Erde sind in Abbildung 46 dargestellt. Diese Uebereinstimmung führte Weiß in Wien zu der Annahme, daß die Kometen im Laufe der Zeit infolge der wechselnden Wärme, der Anziehung in der Nähe der Sonne, der Elektrizität u. s. w. sich in Schwärme von Meteoren auflösen, und ihre Bestandtheile allmälig längs ihres Weges im Weltraum ausstreuen, die dann in derselben Bahn einherziehen. Bestätigt wurde diese Hypothese durch die Erfahrungen, welche man mit dem Gambart-Biela'schen Kometen machte. Dieser Komet, der eine Umlaufszeit von 6⅔ Jahren besaß, hatte sich 1846 vor den Augen der Astronomen in merkwürdiger Weise in zwei Theile gespalten, die sich dann immer weiter von einander entfernten, wie auch noch 1852 bei der Wiederkehr des getheilten Kometen zu sehen war.

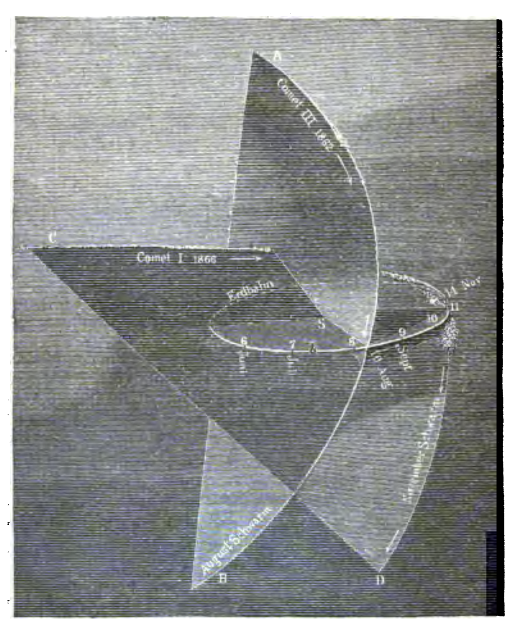


Abb. 46. Die Ebenen der Bahnen der August- und November-Sternschnuppen, der Kometen 1862 III und 1866 I und der Erde.

Im Jahre 1866 aber, als der Komet wieder sichtbar werden sollte, da konnten ihn die Astronomen nirgends auffinden, auch im Jahre 1872 nicht; dagegen trat am 27. November desselben Jahres ein äußerst reicher Sternschnuppenfall ein, ebenso um dieselbe Zeit im Jahre 1885, wo der Doppelkomet der Rechnung nach wiederum in unserer Nähe erscheinen sollte, aber nicht mit Sicherheit gesehen worden ist.

Man hat nun auch die Meteorsteine, welche aus Feuerkugeln unter Explosionen herabfallen, gleich den Sternschnuppen, mit den Kometen in Verbindung gebracht, obwohl die eigentlichen großen Meteore, die Feuerkugeln, nicht in solchen Schwärmen auftreten, daß Hunderttausende und Millionen in einer Nacht erscheinen, sondern immer Einzelerscheinungen geblieben sind. Ferner ziehen die Feuerkugeln, soweit die astronomischen Untersuchungen gezeigt haben, durchschnittlich auch, wie schon erwähnt, mit einer größeren Geschwindigkeit durch den Raum, als die Sternschnuppen, und zwar entspricht die schnellere Bewegung der Feuerkugeln mehr hyperbolischen Bahnen, während die Sternschnuppen sich wahrscheinlich mehrentheils in langelliptischen oder parabolischen Bahnen bewegen. Hyperbolische Bahnen müssen von solchen Körpern eingeschlagen werden, die nicht nur aus großer Ferne kommen — das ist auch bei den mit parabolischer, bezw. langelliptischer Bewegung der Fall — sondern die auch in der Ferne draußen schon eine schnellere Bewegung besaßen. Möglicherweise sind nun die Feuerkugeln diejenigen Massen aus den vermutheten einstigen zwischenweltlichen Gasen, welche sich nicht zwischen den Sonnensystemen ruhend aufhielten, sondern die, in stärkerer Bewegung begriffen, zwischendurch eilten und in ganz anderen Planetengebieten erscheinen, als wo sie eigentlich

zu Hause sind. In diesem Falle würden wir in den Feuerkugeln und den hyperbolischen Meteoren überhaupt lebhaft bewegte Zwischenmassen von ganz anderen Fixsterngebieten her erhalten, während die derartigen Massen aus unseren Räumen in die Bezirke anderer Sonnensysteme gezogen sein würden. Dasselbe können wir auch bezüglich der hyperbolisch laufenden Kometen annehmen.

Uebrigens müßten sich auch für die Geschwindigkeit und die Bahnform alle Uebergänge von der ausgeprägtesten Hyperbelbewegung bis zur kürzeren Ellipse, sowohl bei den Kometen, wie den Meteoren, vorfinden, weil auch die vermutheten Zwischengase in ihren ursprünglichen Bewegungen alle Abstufungen aufgewiesen haben werden.

Wenn die Feuerkugeln und Sternschnuppen gleichartig sind, so halten wir in den Meteorsteinen vielleicht Erstarrungsstücke von Kometenkernen in der Hand. Zu diesem Schlusse führt auch die Aehnlichkeit des Spektrums von Gasen, die man aus Meteoriten gewinnt, mit dem des Kometenlichts. Da ferner die Meteorsteine aus den gleichen Stoffen, wie die Massen unserer Erde, bestehen, nämlich vorzugsweise aus Kieselerde, Thonerde, Magnesium, Eisen, Nickel u. s. w. (nur in anderer Zusammensetzung), so würde sich daraus ein neuer Beweis herleiten lassen für die Lehre des Spektroskops: daß die verschiedenen Sonnensysteme miteinander verwandt und materiell gleichartig sind; hierbei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Feuerkugeln wirklich ehemals fremde Zwischengase waren.

Die Stoffe, welche als Meteorsteine zu uns herabfallen, können übrigens auch von den Kometen in früheren Zeiten, wenn sie in den Sonnengasball oder die Ballen der Planeten eintauchten, oder beim Vorbeieilen mit ihnen in Berührung traten, den planetarischen Massen entrissen worden

sein (zu vergl. Seite 111 u. f.); Austausch und Vermischung der Stoffe begann so vielleicht erst in jener Zeit, als die Kometenmassen anfingen, in die Region des Sonnensystems hereinzukommen, und so ist noch nicht bestimmt zu sagen, ob die Stoffe der Meteorschwärme durchweg ursprüngliche Bestandtheile der Kometen sind oder nicht. Man kann sie ferner auch als selbstständige, von den Kometen gesonderte Erstarrungsprodukte betrachten; dafür spricht die Thatsache, daß die Sternschnuppenschwärme zum Theil als gesonderte Haufen hinter oder vor den Kometen laufen, mit denen sie die Bahn gemeinsam haben, wie es z. B. bei dem Schwarm der Sternschnuppen vom Jahre 1866 und dem ersten Kometen desselben Jahres der Fall ist, wo der Komet 10 Monate vor jenem Sternschnuppenschwarm das Perihel passirt.

Die Meteorite werden von Manchen auch für Bruchstücke von zersprungenen oder zertrümmerten ehemaligen größeren Weltkörpern angesehen, unter anderem darum, weil schon mehrfach Kohle (in grafitartigem Zustande) in ihnen enthalten war. Sobald nun auch nachgewiesen würde, daß diese Kohle gleich der unserer Stein-, Braunkohlen u. s. w. von Pflanzen herrühre, so könnte das doch noch immer als kein Beweis gelten dafür, daß die Meteorite die Trümmer von zersprungenen oder zerstückelten planetenartigen, mit Pflanzen bewachsen gewesenen Weltkörpern seien; sie können auch ebensogut von ehemaligen Kometen bei Zusammenstößen und Streifungen ihrer Kerne mit Planeten diesen letzteren entrissen worden sein. Uebrigens muß bemerkt werden, daß man in diesen Meteoritenkohlen noch nie eine Spur von Organismen, von Pflanzenzellen u. dergl. auffand.

Man darf auch nicht glauben, daß ein Weltkörper, der mit einem anderen zusammenstößt, dabei in solche Stücke zertrümmert werden könne, als wie es die Meteorite oder

die Feuerkugeln sind, sofern der Zusammenstoß mit solcher Heftigkeit erfolgt, daß Alles auseinanderstäubt und die einzelnen Trümmer dabei so weit auseinander getrieben werden, daß ein nachheriges, von ihrer gegenseitigen Anziehung erstrebtes Wieder-Zusammensinken unmöglich wird. Bei einem so heftigen Zusammenstoße können die einzelnen Bestandtheile nicht im festen Zustande bleiben. Die dabei entwickelte Hitze ist (worauf wir im nächsten Abschnitt noch zu sprechen kommen) so groß, daß alle Gesteine und Metalle in Gas und Dampf aufgehen müssen. Die Meteorite oder die Feuerkugeln, als Trümmer aufgefaßt, könnten also nur die aus Trümmergasen geronnenen Massen sein.

Müssen wir aber die Meteorsteine als Erstarrungs- und Verdichtungsprodukte betrachten, so liegt kein Grund mehr vor dafür, sie gerade als Produkte von Trümmerdämpfen anzusehen; sie können dann auch die Verdichtungsprodukte ursprünglicher Gase sein. Die Kleinheit ihrer Massen wäre dann die Folge ursprünglicher sehr feiner Vertheilung und Ausbreitung, da die einzelnen aus Gasen zusammengeflossenen niedergeschlagenen Massenstücke um so kleiner ausfallen müssen, je dünner und vertheilter die Gase waren.

Auch die Annahme von inneren Explosionskräften, welche ganze Planeten zertrümmert und die Trümmer so weit auseinander getrieben hätten, daß sie nicht mehr zusammensinken konnten, ist so gut wie ausgeschlossen; für solche Kräfte besitzen wir keine Beispiele. Die vulkanischen Kräfte der Erde treiben die Ausbruchsmassen vielleicht nie über eine Meile (1/1700 des Erddurchmessers) hoch empor und ganze Weltkugeln können überhaupt nicht zersprengt, sondern nur durchbrochen werden, wie Seite 226 dargelegt wurde.

Schließlich kann auch durch die Zentrifugalkraft der Axen-

drehung kein Planet auseinandergerissen und in seinen Stücken so weit umher geschleudert werden, daß nachherige Wiedervereinigung verhindert wäre. So wenig, wie sich Jemand an seinem Schopfe aus dem Wasser ziehen, oder so wenig, wie ein Schwungrad seine Drehung aus sich selbst heraus vergrößern kann, so wenig kann ein Weltkörper seine Axendrehung von selbst (etwa durch allmälige Verkleinerung seines Durchmessers) so stark beschleunigen, daß Alles auseinanderfliegen müßte. Aber selbst angenommen, eine hinreichende Vergrößerung der Drehungsgeschwindigkeit läge in der Möglichkeit, so könnten sich in den Massen des Planeten doch wiederum keine so starken Spannungen und Widerstände gegen das Zerreißen einstellen, welche nothwendig wären, um das Zerspringen erst bei einem gewissen hohen Grade der Geschwindigkeit und demzufolge das Umherschleudern der Stücke herbeizuführen und zwar aus den Seite 143 u. f. dargelegten Gesichtspunkten über die Festigkeitsverhältnisse der Weltkörper.

Doch erinnert die Zusammensetzung der Meteorsteine immerhin lebhaft an die du Prel'sche, sowie an die Falb-Zöllner'sche Kometen-Entstehungs-Hypothese. Es ist aber nicht hinreichend, nur allein die Zerstückelung und die Meteorsteine als solche zu erklären; man darf bei keiner Hypothese über diese Massen die Formen ihrer Bahnen und ihre Geschwindigkeit außer Betracht lassen. Wie schon gesagt, würde die Falb-Zöllner'sche Hypothese nur allenfalls für die Kometen mit kurzen Umlaufszeiten in Frage kommen, nicht aber für die mit so großer Geschwindigkeit durch den Weltraum ziehenden Feuerkugeln. Was aber diese letzteren betrifft, so scheint es den vorläufig festgestellten Thatsachen am besten zu entsprechen, wenn wir sie als Produkte ehemaliger stark bewegter, aus benachbarten Sonnengebieten herstammender

Zwischenmaterie auffassen, die, in unsere Atmosphäre hereinkommend, ins Glühen gerathen und zerspringen.

Ist unsere Kometen-Ursprungs-Hypothese, sind auch die Folgerungen, die man aus der neueren Meteor-Astronomie ziehen muß, richtig, so kämen wir zu dem Schluß, daß die Substanzen der einstigen Zwischengase sich allmälig mit den stammverwandten Sonnen und Planeten vereinigen und auf diesen Hauptkörpern der Welt als Meteorstaub oder Meteorsteine abgelagert werden. Doch bietet dieser Theil der astronomischen und kosmogonischen Wissenschaft noch viel mehr Schwierigkeiten, als jeder andere. Die zukünftigen Forschungen werden über diese Fragen wohl bestimmtere Aufschlüsse bringen, als die gegenwärtige Wissenschaft sie geben kann.

XI. Abschnitt.

Die Zukunft des Weltalls und der ewige Kreislauf.

Keinem Denkenden wird es entgangen sein, daß die Wärme zu den für das organische Leben allerbedeutendsten Dingen gehört und die Frage, ob die Welt noch einmal gänzlich erkalten und erstarren werde, muß stets interessant bleiben. Aber der Gedanke, daß dies geschehen werde, liegt auch sehr nahe, zumal, wenn man einen Blick in die heißere Vergangenheit der Welt geworfen hat. Unrichtig wäre es freilich, zu glauben, daß sich die allgemeine Abkühlung innerhalb der uns zu Gebote stehenden kurzen Zeiten beobachten lassen müsse. Wenn jetzt z. B. manchmal auch mehrere kalte Sommer hintereinander erscheinen, so ist das doch noch lange kein Zeichen, daß sich die Welt seit einigen Jahren oder Jahrzehnten um einen entsprechenden Betrag abgekühlt habe. Wir werden erst vielleicht in 20- oder 50- oder 500,000 Jahren einmal nachfragen dürfen, um wie viel sich die allgemeine Temperatur auf der Erde erniedrigte, denn nur in solchen langen Zeiten — sehr kurze freilich für das ganze Dasein der Erde — kann sich die allgemeine Erkaltung bemerklicher machen.

Daß die Weltkörper, welche noch eine höhere Temperatur besitzen, sich auch weiterhin allmälig abkühlen werden, kann man aber nicht bezweifeln, wenn man sich auf Thatsachen der Physik stützt. Manche Leute halten die Sache allerdings noch garnicht für erwiesen. Es sind das gewöhnlich Diejenigen, welche die schöpferische Thätigkeit der vulkanischen Gewalten

im Innern der Erde und diese Gewalten selbst am liebsten leugnen, denen der Gedanke im Geiste widerstrebt, daß unsere Wohnfläche auf einem so unsicheren, ordnungswidrigen Fundamente aufliegen soll, wie es eine flüssige Gluthmasse vorstellt. Ihnen ist das Weltall konservativ; Alles, was ist, bleibt so, wie es ist: Die Erde bleibt unser vorher bestimmter Wohnplatz und die Sonne der strahlende Ball, der uns zu wärmen, unser Getreide und unsere Weinreben reif zu machen habe. Geben sie zu, daß sich die Weltkörper abkühlen, so müssen sie auch zugeben, daß die Erde einst heißer war, als sie jetzt ist und damit fällt ihre ganze Weltanschauung in Nichts zusammen. Bedenken wir, was auf Seite 55 über die Uebertragung der Wärme mitgetheilt wurde, so kann man sich der Einsicht nicht verschließen, daß auch in Zukunft eine Abgabe von Wärme Seitens der warmen und heißen Weltkörper an den kalten Weltraum und den Weltäther, den Träger der Licht- und Wärmestrahlen, stattfinden wird, und die Meinung, die Sonne werde uns ewig strahlen, ist vielleicht nicht weniger ungereimt, als — um du Prel's Worte zu gebrauchen — die Behauptung, ein beliebiges Feuer in einem Kachelofen werde ewig brennen.

Eine Abkühlung der heißen und warmen Weltkörper könnte vielleicht nicht stattfinden, wenn der Weltraum vollkommen leer wäre, wenn der Raum nichts enthielte, an das die Wärme abgegeben werden kann. Aber dann würde auch keine Uebertragung der Licht- und Wärmestrahlen von einem Körper nach dem andern vor sich gehen. Weil eine solche Uebertragung aber erfolgt (da wohl Niemand wird bestreiten wollen, daß wir thatsächlich von der Sonne her erwärmt und bestrahlt werden und daß wir sie, wie auch die fernen Sterne sehen), darum ist die Existenz eines den Raum erfüllenden Stoffes erwiesen. Aber selbst wenn es kein

Aethergas im Weltraum gäbe, so würde sich ein solches bilden. Die vorhandenen festen, flüssigen wie gasförmigen Stoffe der Weltkörper würden sich bis zu einem gewissen Grade der Sättigung des Raumes verflüchtigen, so wie es bei verschiedenen Stoffen zu beobachten ist. Man kann sagen: Alle Stoffe verdunsten bei jeder Temperatur und wahrscheinlich ist es die Wärmezitterung der Stoffe, welche auch bei geringerer Heftigkeit fortwährend unmeßbar kleine Theilchen von deren Oberfläche abschleudert. Ein Raum z. B., in welchem Wasser vorhanden ist, wird je nach der Temperatur des Wassers mehr oder weniger mit Wasserdampf erfüllt (gesättigt). Die Welt muß also aus verschiedenen Gründen von einem feinen Stoff erfüllt sein und darum giebt es auch eine Abkühlung.

Wenn die Sonne jetzt noch gasförmig ist, was Faye, Young, Secchi u. A. glauben, so muß man es ja für möglich halten, daß sie noch vielleicht Millionen Jahre lang so viel gebundene Wärme ihrer Masse frei macht, als nöthig ist, um die fortwährende Ausstrahlung zu decken und es ist unter diesen Umständen gar nicht nothwendig, nach besonderen „Quellen" der jetzigen Sonnenwärme zu suchen, wie es schon mehrere Gelehrte gethan haben. Aber es wird und muß für unsere Erdenwelt eine Zeit kommen, wo die Sonne aufgehört hat, Licht und Wärme zu spenden, vorausgesetzt, daß die Erde bis dahin überhaupt noch vorhanden ist. Nicht mit einem Mal wird es eintreten, sondern in denkbar größter Allmäligkeit, im Laufe von vielen Millionen von Jahren. Selbst wenn jetzt schon keine Zusammenziehung des Sonnenballs mehr stattfände und keine neue Wärme mehr frei würde, welche die Ausstrahlung weiterhin decken könnte, so würden doch noch außerordentlich lange Zeiten verstreichen müssen, ehe die Abnahme der Sonnen-

temperatur für uns empfindlich würde. Bestände die Sonne aus glühendem Eisen von nur 1100 Grad Hitze und wäre der ganze Weltraum von der Sonne an mit Luft so dicht (und so warm) wie unsere Atmosphäre angefüllt, so würden nach Versuchen, die ich mit glühenden Eisenkugeln anstellte, 50,000 bis 70,000 Jahre nöthig sein, um die Sonne bis auf 1000 Grad abzukühlen. Je dünner der berührende, wärmeentziehende Stoff ist, desto langsamer geht auch die Abkühlung vor sich und denkt man sich den Weltraum mit Gasen in angemessener Verdünnung angefüllt und die Sonne statt von Eisen von Stoffen, welche die Wärme schlechter leiten, als jenes Metall, so erhält man leicht viele hunderttausend Jahre als erforderlichen Zeitraum, um die Abkühlung der Sonne merkbar werden zu lassen. Ich erhielt beispielsweise 970,000 Jahre als den Zeitraum, welcher nöthig sein werde, um die Sonne um 1/10 ihrer gegenwärtigen Wärme (diese zu 30,000 Grad angenommen) abzukühlen.

Der Zustand auf der Erde, die Bewohnbarkeit wird sich entsprechend der späteren allmäligen Abkühlung der Sonne ganz langsam verändern, so langsam, daß eine jede Generation, jedes Zeitalter glauben würde, die Sache sei immer so gewesen, wenn nicht die Geschichte aus früherer Zeit berichten würde, daß die Sonne einst heller und blendender gestrahlt und eine höhere Temperatur auf der Erde geherrscht habe. Die Zonen der Kultur und Bewohnbarkeit auf der Erde werden aber allmälig immer näher zum Aequator hinanrücken und die Polargegenden nach und nach gänzlich von Mensch, Thier und Pflanze verlassen werden.

So wie die Erde eine Sonnenzeit durchlief, so muß für die Sonne auch eine Periode eintreten, wo sie, wie jetzt die Erde, von einer nicht leuchtenden Kruste umschlossen ist. Friedrich Zöllner sah in den Sonnenflecken schon Anfänge

zur Krustenbildung, Schlackenfelder, die auf der Sonnengluth schwimmen; indessen ist, wie es scheint, diese Annahme nicht ganz zulässig. Die Sonne ist wahrscheinlich jetzt noch viel zu heiß, als daß sich schon Schlacken bilden könnten. Zu jener Zeit aber, wo die Sonne von einer nicht mehr leuchtenden Kruste umschlossen sein wird, da wird das Leben auf der Erde längst aufgehört haben. Kein Mond mehr erhellt alsdann die irdische Nacht, da er ja selbst nur im Strahl der Sonne leuchtete. Die Erde aber und die übrigen Planeten, sofern alle diese Körper dann noch existiren, werden in nächtlicher Finsterniß gleich Gespenstern und in bitterer Kälte ihre Rundtänze um den erloschenen, unsichtbar gewordenen Sonnenkörper ausführen und mit diesem ihren Weg durch den unermeßlichen Weltraum weiter verfolgen.

Sowohl für das allmälige Erkalten der Sonnenkugeln, wie auch dafür, daß solche Weltkörper in gänzlich erkaltetem Zustande, als verloschene Sterne ihre Wege durch den Raum verfolgen mögen, sind am Fixsternenhimmel die entsprechenden Belege aufgefunden worden. Seite 71 u. f. wurde bereits auf die Verschiedenheit der Sterne hingewiesen. Diese Verschiedenheiten sind sehr gut zu erklären, wenn man annimmt, daß sie wesentlich von verschiedenen Stadien der Abkühlung, verschiedenen Graden der Temperatur herrühren. Die spektroskopische Untersuchung (zu vergl. Seite 72) wie die Farbe der Sterne weist darauf hin, daß die Sterne der ersten Klasse die heißesten und die der dritten und vierten Klasse (der dritte Typus nach V o g e l) die abgekühltesten sind. Die rothe Gluth der Stoffe ist nach allen Erfahrungen die der geringsten Hitze, während die Weißgluth meist gleich hinter der Verdampfungs- oder der Schmelzhitze kommt. So müssen wir annehmen, daß die rothen Sterne dem Zustande des Erkaltens am nächsten gekommen und damit steht

auch die Thatsache im Einklange, daß die meisten in der Lichtstärke veränderlichen Sterne röthlich leuchten: Man fand nämlich sehr viele Sterne am Himmel, die ihre Helligkeit im Laufe von Tagen, Wochen, Monaten oder Jahren periodisch mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrend verändern, sodaß sie bald heller, bald kleiner erscheinen, wie z. B. der Stern Mira im Walfisch, der sein Licht im Laufe von ungefähr 11 Monaten in ziemlich unregelmäßiger Weise stark verändert, die Sterne α (alpha) im Herkules und α im Orion, beide von wahrscheinlich unregelmäßiger Periode, β (beta) im Pegasus, der in Zeit von je 30 bis 50 Tagen sein Licht verändert, und viele andere. Man glaubt nun seitens der Astronomen in diesen veränderlichen Sternen solche Sonnenkörper zu sehen, deren Licht durch bedeutende Anfänge von Erstarrung an der Oberfläche, von Krusten oder Schlackenbildung oder auch von dunkeln Flecken, ähnlich den Flecken unserer Sonne, eine mehr oder weniger regelmäßige Störung ihrer Helligkeit erfahren. Ein Wechsel der Helligkeit muß eintreten, wenn die Flecken oder Schlacken, wie die Kontinente unserer Erde, die Oberfläche des betr. Sterns in ungleicher Vertheilung bedecken und wenn der Stern selbst gleichzeitig in Umdrehung um sich selbst begriffen ist. Auch bedeutende periodische Schwankungen in der Hitze der Oberflächenmassen, wie solchen auch der Wechsel der Fleckenzeiten bei unserer Sonne zugeschrieben werden muß, mag (nach Ritter) ein Grund der fraglichen Erscheinungen sein. Alle derartigen Erscheinungen werden im Allgemeinen mit dem Stadium geringerer Gluth, mit der Rothgluth, zusammenfallen. Unsere Sonne gehört, wie früher schon erwähnt, zu der großen Menge der gelben oder gelblichen Sterne.

Völlig erloschene Sonnenbälle sind unsichtbar und können

uns nur durch Verdunkelung anderer leuchtender Körper oder auch durch ihre Anziehungswirkungen ihr Dasein verrathen. Es sind mehrere Sterne bekannt, welche nach längerer gleichbleibender Helligkeit in kurzer Zeit an Licht verlieren und dann nach einiger Zeit ihren vorigen Glanz wieder erreichen, einige davon mit erheblichem Wechsel des Lichtes, wie Algol im Medusenhaupt. Hier ist es nun sehr wahrscheinlich, daß dunkle sonnengroße Körper mit leuchtenden Doppelgestirne bilden, bei ihrem Umlaufe vor die leuchtenden Körper, von uns aus gesehen, treten und dann diese mehr oder weniger auf einige Zeit verfinstern. Für Procyon, Stern erster Größe im kleinen Hund, ist die Existenz eines dunklen Begleitsterns aus seiner Anziehungswirkung auf Procyon erkannt worden, gerade wie beim Sirius, bei dem der Begleitstern indessen als leuchtender Körper mit dem Fernrohr später aufgefunden worden ist.

Sowohl in den Farben, wie in den Veränderlichkeiten der Sterne sind alle Abstufungen vorhanden und so haben wir auch in den Sternen selbst wahrscheinlich alle Stadien der Sonnenzeit vor uns. Die kleinen und kleinsten Sterne werden auch nicht sämmtlich sehr entfernte Sonnen sein, sondern zum Theil auch solche, die dem Verlöschen ihres Lichtes nahe sind.

Auch die Erde selbst muß ihre Eigenwärme, die auf der Oberfläche im gegenwärtigen Weltalter freilich schon sehr gering ist im Verhältniß zu der Wärme, die wir von der Sonne empfangen, immer mehr verlieren, obgleich sie durch meilendicke, die Wärme schlechtleitende Erdschichten vor zu schneller Abkühlung geschützt ist. Ohne Zweifel erfolgt die Abkühlung der Erde und die Ausgabe ihrer inneren Wärme auch durch die Erdrinde selbst, aber die Wärmeentziehung wird noch gefördert durch besondere Vorgänge, wie z. B. die Ent-

leerungen der Vulkane und der heißen Quellen. Es muß nun in später Zukunft eine Periode eintreten, wo die Wassermassen der Erdoberfläche stark verringert oder gar von der Oberfläche verschwunden sind, denn, wie wir uns erinnern, werden die Gewässer der Erde wahrscheinlich allmälig von den Erdmassen aufgesogen und chemisch gebunden und zwar in dem Maaße, wie die erdinnere Gluth zurückweicht und die kühle Erdkruste dicker und dicker wird. Für das (dann noch etwa vorhandene) organische Leben wird so einst vielleicht einer der nöthigsten Stoffe, das Wasser, fehlen. Der Mond lehrt uns, daß ein solcher Zustand bei einem Weltkörper wirklich eintreten kann. Die Möglichkeit der gänzlichen Aufsaugung des Wassers sieht man sehr leicht ein, wenn man sich vorstellt, daß die Ozeane, die jetzt noch zu $^3/_4$ die Erdoberfläche überziehen, eigentlich nur eine ganz dünne Hülle für den mächtigen Erdkörper bilden. Das Gewicht des gesammten Wassers der Erde beträgt nur ungefähr $^1/_{4700}$ des Gesammtgewichts der letzteren.

Solche Weltuntergänge, welche aus allmälig eintretendem Wassermangel entspringen, haben sich auf manchen Stellen der Erde sogar in geschichtlichen Zeiten vollzogen. Wenn die Bewässerung eines Landes nach und nach geringer wird, etwa indem dasselbe mehr und mehr von heißen trockenen Landwinden, die keinen Regen bringen, überstrichen wird, so verdorrt es und wird Wüste, wie es deren viele auf der Erdoberfläche giebt. Ueber den Stätten z. B., wo einst die bevölkerten Reiche der Babylonier, der Assyrer mit ihren großen Zentralpunkten Babylon, Ninive u. a. bestanden, wirbelt heute der Staub der heißen Sandwüste und das bunte Leben ist verschwunden, weil die Bewässerung des Landes im Laufe von einigen Jahrtausenden aufgehört hat.

Wie lange es noch dauern werde, bis die Ozeane, die

Flüsse und Seen von der Erdoberfläche gänzlich aufgezehrt sein, die weiten flachen Becken der Meere trocken liegen werden, das vermag noch Niemand zu sagen, weil die gegenwärtige Abkühlung der Erde sich vorläufig noch aller Rechnung entzieht. Wir wissen darum auch nicht, ob das Erkalten der Sonne oder das Vertrocknen der Erdoberfläche zuerst eintreten werde.

Aehnlich wie das Wasser wird auch allmälig die Luft verschwinden, weil diese, besonders ihr Sauerstoff, von den Erdmassen, gleich dem Wasser, absorbirt wird, ebenso die Kohlensäure, jenes Gas, dessen die Pflanzenwelt zu ihrer Existenz dringend bedarf. Die Kohlensäure wird abnehmen, so wie sie bisher abgenommen hat, wie die Steinkohlenlager beweisen. Mit dem Dasein des Pflanzenreichs ist aber auch das des Thierreichs bedroht.

Man hat sich Seitens der Gelehrten vielfach mit der Frage beschäftigt, ob jemals eine Veränderung unserer Tageslänge stattgefunden habe, und ob eine solche in Zukunft eintreten werde. Die Resultate der betreffenden Untersuchungen sind kurz folgende: In dem Maaße, wie sich der Erdkörper durch Abkühlung verkleinert, muß seine Rotation kleiner und folglich unser Tag kürzer werden, weil dann die Erdoberfläche bei der täglichen Umdrehung einen kleineren Weg zu machen hat und folglich kürzere Zeit hierzu braucht, sofern die Geschwindigkeit der Rotation dieselbe bleibt, wie sie jetzt ist. Aber andererseits hat sich ergeben, daß durch die Fluthbewegungen des Meeres die Drehung der Erde verlangsamt werden muß, da die Wassermassen, welche gegen die Ozeanufer anschlagen, Stöße gegen die festen Massen des Erdkörpers, und zwar entgegen der Richtung der Erddrehung, ausüben, was die Drehung allmälig verzögern

muß. (Kant scheint der Erste gewesen zu sein, der hierauf hinwies.) Ferner muß eine Verzögerung der Erddrehung in derselben Weise vor sich gehen, wie die Verzögerung der vermutheten ehemaligen Monddrehung, welche Seite 242 besprochen wurde, sofern die Erde innen noch glühendflüssig ist. Die von Newcomb durchgeführten neuesten Untersuchungen sprechen für eine geringe Verlängerung der Tageslänge in geschichtlicher Zeit und es ist sonach wahrscheinlich, daß die verzögernden Vorgänge die oben beschriebenen beschleunigenden in der Wirkung überragen. Unter der Wirkung der Mondanziehung könnte es zuletzt dahin kommen, daß die Erde, auf den Mond bezogen, sich nicht mehr um ihre Axe dreht und jenem Körper in derselben Weise ein und dieselbe Seite bleibend zuwenden muß, wie der Mond gegenüber der Erde. Unser Tag würde sich dann auf die Dauer eines Mondumlaufes verlängern und wir würden an allen Stellen der Erde, welche jetzt 24stündigen Tag- und Nachtwechsel haben, einen 354stündigen Tag und ebenso lange Nacht erhalten. Am Tage würde die Hitze, in der Nacht die Kälte einen Grad erreichen, bei dem eine höher organisirte Lebewelt nicht mehr möglich wäre. Doch auch die Verlängerung der Tagesdauer würde ganz allmälig im Laufe unberechenbar langer Zeiten sich vollziehen und die Beseitigung des organischen Lebens würde unmerkbar langsam, ganz nach und nach erfolgen. Falls eine Verzögerung der Erddrehung jetzt wirklich stattfindet, so beträgt die Verlängerung des Tages höchstens nur einige Sekunden im Jahrhundert, d h. jedes folgende Jahrhundert ist dann um einige Sekunden (vielleicht 10 Sekunden nach Newcomb) länger als das vorhergegangene.

Welche Veränderungen auf der Erde sonst noch stattfinden können, z. B. Veränderungen der Länder und Meere,

der klimatischen Zustände, die durch die Vertheilung von Land und Wasser und die Lenkung der Meeresströme zum Theil bedingt sind, geht schon aus manchen Ausführungen des VIII. und dieses Abschnitts hervor, entzieht sich im Uebrigen aller Berechnung. Ebenso verhält es sich mit der Frage, wohin die vulkanischen Gefahren den Erdkörper bringen werden, wenn erst die Erdkruste noch viel dicker geworden sein wird, als sie jetzt muthmaßlich ist. Man kann leicht auf den Gedanken kommen, daß die Erdbeben mit der Zeit an Heftigkeit zunehmen müssen, wenn die eigentlichen Vulkanausbrüche durch die größere Dicke der Erdkruste mehr und mehr erschwert und unmöglich werden.

Dagegen ist die Frage schon viel besser für eine mathematische Behandlung, eine Berechnung geeignet, welche Veränderungen sich in den Bewegungen der Planeten, bezw. der Erde um die Sonne mit der Zeit vollziehen müssen, und ob das Planetensystem in seiner jetzigen Gestalt von ewiger Dauer sein werde.

Wir haben in den Abschnitten, welche von der Entstehung des Planetensystems handeln, besonders durch die Betrachtung der Regelwidrigkeiten, schon gesehen, daß dieses System nicht nach einer Schablone oder einem Plane eingerichtet worden sein könne, daß sich die Umdrehungen, die Abstände der Planeten, die Neigungen der Bahnen u. s. w. nach den Gesetzen der Mechanik so entwickeln und herstellen mußten, wie wir sie vorfinden, und wie es geschehen mußte, wenn kein mit Vorbedacht ausgearbeiteter Plan vorlag, nach dem sich die Stoffmassen hätten richten müssen. Es kann uns daher auch nicht überraschen, wenn die Astronomen zu dem Ergebniß kommen, daß das Uhrwerk des Planetensystems nicht von ewiger Dauer sei und daß sein Mechanismus einst enden werde, wie jede andere Form und Gestaltung der Materie.

So wie es nie eine Maschine geben wird, die ohne immer wiederkehrende Erneuerung des Antriebes (als perpetuum mobile) ewig läuft, so lange eine Reibung zwischen den einzelnen sich berührenden Theilen der Maschinen besteht, so kann das Planetensystem (auch wenn es nie von außen her gestört würde) kein ewiger Mechanismus sein, wenn die Planeten bei ihrer Umlaufsbewegung im Raum einen dauernden Widerstand erfahren. Ein solcher Widerstand ist aber thatsächlich wirksam, wie schon Seite 57 u. f. angegeben wurde. Es kann nicht der geringste Zweifel bestehen, daß die unzählig vielen kleinen Stöße der Meteore, welche letztere jahraus, jahrein von allen Seiten her gegen die Erde stürzen, mit der Zeit die Geschwindigkeit der letzteren verlangsamen müssen. Kleiber und Keller haben durch Zählung und Schätzung ermittelt, daß in jeder Stunde insgesammt durchschnittlich 450,000 Sternschnuppen gegen die Erde oder deren Lufthülle stoßen, welche bei einem Gewicht von je nur 5 Gramm eine Masse von über 1000 Zentnern für jeden Tag darstellen. Auch für die übrigen Planeten müssen wir annehmen, daß sie auf ihrem Laufe durch Meteorstürze einen schwachen Widerstand erleiden.

Ein anderer Widerstand wird wahrscheinlich durch den Weltäther, den wir Weltluft genannt haben, auf die Weltkörper bei ihrer Bewegung ausgeübt, ähnlich wie die Bewegungen auf unserer Erde durch die Luft gehindert werden. Ein solcher Widerstand muß stattfinden, weil nothwendig ein gasiger Stoff da ist, der die Licht- und Wärmeschwingungen durch den Weltraum fortpflanzt; es hängt also die Frage des Aetherwiderstandes ganz eng mit der Frage der Abkühlung der Weltkörper zusammen. Ja man kann vielleicht sagen: Wenn es bewiesen ist, daß die Erde ehemals glühend oder überhaupt heißer war, als jetzt, dann

ist es auch bewiesen, daß eine die Bewegung verzögernde Weltluft existirt. Schon Alexander v. Humboldt war von dem Widerstande des Aethers überzeugt. Für diese Frage ist der Encke'sche Komet, sowie in neuerer Zeit auch der Faye'sche, zwei Kometen von sehr kurzer Umlaufszeit, wichtig geworden. Der Encke'sche Komet hat nach genauen Beobachtungen seit seiner ersten Entdeckung im Jahre 1786 seine Umlaufszeit (3³/₁₀ Jahre) ziemlich regelmäßig verkürzt und zwar fand Encke, daß der Komet bei jeder Wiederkehr um etwa 3 Stunden zu früh im Perihel angekommen war, als er nach der Rechnung hätte ankommen sollen. Aehnliches ergab sich auch für den Faye'schen Kometen. Daß sich der Widerstand gerade bei Kometen so stark bemerklich machen mußte, liegt darin, daß die Kometen ihrer Leichtigkeit wegen auch viel stärkere Hemmung in ihrer Bewegung erleiden müssen, als andere dichtere Körper, so wie z. B. auch eine Flaumfeder viel langsamer durch die Luft zu Boden fällt, als ein gleich schweres Stückchen Stein oder Metall.

Der Widerstand des Aethers ist selbst bei vielen Kometen für die astronomische Beobachtung noch nicht bemerkbar geworden, noch weniger kann dies bei den Planeten der Fall sein, und die Verzögerung muß hier außerordentlich gering bleiben. Zudem ist es nicht unmöglich, daß der Theil des Aethers, welcher sich in dem Raume des Planetensystems befindet, in derselben Weise mit dem ganzen System rotirt, wie die Atmosphäre der Erde bei ihrer Axendrehung, etwa als eine Aetherscheibe, die sich bis über die Bahn des Neptun hinaus erstreckt; für die einzelnen Planeten würde dann ein Aetherwiderstand weniger in Betracht kommen und nur die fragliche Aetherscheibe würde in der umgebenden Weltatmosphäre eine äußerst schwache Hinderung durch Rei-

bung erfahren. Doch schon infolge des Widerstandes der Sternschnuppen muß sich die Geschwindigkeit der Planeten bei ihrem Umlauf um die Sonne allmälig verzögern; daraus muß (wegen der Verringerung des Schwunges und der Zentrifugalkraft) eine allmälige Annäherung der Planeten an die Sonne, Verkürzung der Umlaufszeit und zuletzt Vereinigung der Planeten mit der Sonne erfolgen: Ein Planet nach dem andern muß dann in die Sonne fallen.

In ungeheuer ferner Zukunft liegt dieses Ende der Tage des Planetensystems. Ja es wird wieder noch zweifelhaft, ob die Meteorstürze je zu diesem Ende führen werden. Mit der Zeit muß die Menge der kleinen Körper im Weltraum abnehmen und wenn der Zufluß solcher Kometenreste früher aufhört, als bevor die Planeten sich mit der Sonne vereinigt haben, so werden die Planeten im Perihel dann wohl der Sonne näher sein, als jetzt, aber sie werden noch nicht gleich in die Sonne stürzen, sondern zunächst in länglicheren Bahnen, als jetzt (also mit größerer Exzentrizität) um die Sonne ziehen (nicht in der Spirale, wie Viele glauben[64]). Das würde freilich eine derartige Störung des ganzen Systems und seiner Ordnung ergeben, daß der Bestand desselben dann doch stark in Frage gestellt wäre. Zu dem gleichen Resultat müssen allmälig auch die schwach anziehenden Einflüsse der Kometen führen, welche in so großer Zahl die Räume unseres Systems passiren.

Ungleich näher aber, wie alle die angegebenen Gefahren, welche ein Ende unserer Erdenwelt oder ihrer Bevölkerung herbeiführen können, drohen der Erde Zusammenstöße, mit anderen Weltkörpern. Da sind zunächst die Kometen deren Bahnen die Möglichkeit nicht ausschließen, daß die Erde mit solchen Körpern hin und wieder zusammentrifft. So gut wie manche Kometen sehr weitab von uns vorbei liefen,

andere wieder näher und sehr nahe (wie z. B. der Lexell'sche Komet vom Jahre 1770, der in seiner größten Annäherung an unsere Erdenwelt nur noch 6mal so weit entfernt war, als der Mond), so gut ist es auch möglich, daß ein solcher Weltkörper mit seinem Kopfe einmal auf die Erde selbst stößt. Zu glauben, daß die Kometen niemals mit einem Planeten, bezw. mit unserer Erde zusammenstoßen, weil wir in historischer Zeit noch keinen solchen Zusammenstoß erlebt haben, das wäre geradeso unbegründet, als wenn ein Soldat im Kriege glauben wollte, ihn könne keine Kugel treffen, weil ihn bisher noch keine getroffen hat.

Geht die Erde durch den Schweif eines Kometen, so kann sie wie ihre Bewohnerschaft allerdings kaum einen nennenswerthen Schaden nehmen, denn nach Allem, was wir über die Schweife der Kometen wissen, können dieselben nicht zusammenhängende oder hinreichend kräftige und dichte Massen sein, um schlimme fühlbare Wirkungen für uns hervorzubringen. Es ist auch wahrscheinlich, daß die Erde in geschichtlichen Zeiten schon oft durch Kometenschweife gezogen ist, wovon die Menschheit nicht das Geringste merkte. Das soll z. B. in den Jahren 1819 und 1823, ganz sicher aber um den 1. Juli 1861 der Fall gewesen sein. Während dieses letzteren Ereignisses will man in England (nach Falb) ein eigenthümliches schwaches Leuchten des Himmels beobachtet haben.

Dagegen können wir uns über die Folgen eines etwaigen Zusammenstoßes der Erde mit dem Kern eines großen Kometen noch keinen sicheren Begriff bilden, weil wir noch Nichts über das Gewicht der Kometenkerne wissen. Die Astronomen haben nur erkannt, daß bisher keiner der beobachteten Kometen so schwer gewesen ist, um die Planeten in ihren Bahnen merkbar zu stören. Nach Laplace's Be-

rechnung konnte die Masse des Lexell'schen Kometen noch nicht 1/5000 der Erdmasse betragen. Doch auch ein Kometenkern von nur einem Milliontel der Erdmasse würde noch immer eine Masse von 120,000 Billionen Zentnern besitzen, und wäre eine solche Masse flüssig oder fest oder auch nur dicht-gasförmig, so würde aus einem Zusammenstoß der Erde mit ihr außerordentliches Unheil entspringen. Aber wie bemerkt: etwas Gewisses ist darüber gar nicht zu sagen. Bestehen die Kometenkerne aus Kohlenwasserstoffen, so würden wir bei einem solchen Zusammenstoß vielleicht einen ungeheuren Benzin- oder Petroleum-Wolkenbruch erleben; außerdem würde eine furchtbare Erschütterung wohl auf der ganzen Erde fühlbar und an der Stelle des Zusammenstoßes würde vielleicht die Erdkruste zertrümmert werden und die glühenden Massen des Innern würden in größerer Menge zu Tage treten. Auch würden unerhörte Luft- und Wasserbewegungen, Dampf- und Wärmeentwicklungen u. dergl. die Katastrophe begleiten und Millionen Menschen würden dabei zu Grunde gehen. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammenstoßes ist ungeheuer gering, wie alle Astronomen hervorheben, weil die Weltkörper im Weltraum fast nur Punkte sind, die sich auch höchst selten treffen können. Newcomb sagt hierüber („Astronomie", Deutsch von Engelmann, Leipzig 1881, Seite 449): „Glücklicherweise ist die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses so gering, ... daß ein Blinder, der aufs Gerathewohl eine Flinte in die Luft abfeuerte, viel eher einen Vogel treffen könnte, als ein Zusammenstoß unseres Planeten mit einem Kometenkern zu erwarten wäre." Gleichwohl kann ein derartiges Ereigniß nächstes Jahr schon eintreten, so gut wie ein Erdbeben, bei dem nur 100,000 Menschen umkommen. Denn wenn der Erde ein Zusammenstoß mit einem

Kometen nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung durchschnittlich auch nur in je einer Billion Jahre einmal passiren würde, so könnte das nächste Jahr doch eben schon dieses billionste Jahr sein.

Ein Zusammentreffen mit Kometenstoff ist es übrigens auch, wenn Sternschnuppen und Meteorite gegen die Erde stürzen, sofern es sich bewahrheitet, daß diese kleinen Weltkörper zerstreutes kondensirtes Material von Kometen sind. Und daß solche Meteorfälle oft nicht ganz ungefährlich für die Menschen ablaufen, haben wir bereits gesehen.

Doch auch das ganze Sonnensystem ist der Gefahr eines Zusammenstoßes mit anderen Systemen ausgesetzt. Wir wissen (s. Seite 27), daß sich die Sonne sammt allen ihren Planeten jetzt nach einer Richtung im Weltraum bewegt, in der ungefähr die Sterne des Herkulesgürtels stehen. Nimmt man die Entfernung dieser Sterne als solche 3ter Größe zu 85 Lichtjahren an, so würden wir mit unserer Sonne bei einer Bewegung von 2 Meilen in jeder Sekunde nach Ablauf von etwa 1 Million 760,000 Jahren in der Region jener Sterne ankommen, falls unsere Bewegung in gerader Linie stattfände. Da sich nun auch alle die übrigen unzähligen Sonnensysteme bewegen, so ist es keineswegs ausgeschlossen, daß solche ganze Systeme gelegentlich zusammentreffen. Ja wir werden noch sehen, daß solche Welt-Karambolagen nothwendig sind, wenn die Welt ewig als eine bewegte, heitere und bevölkerte Welt bestehen soll. Es wird häufig die Ansicht ausgesprochen, daß auch in den großen Verbänden der Fixsterne eine derartige Harmonie und Ordnung der Bewegungen bestehen möge, wie sie in unserem Planetensystem thatsächlich existirt und daß Zusammenstöße der Fixsterne ausgeschlossen seien. Von der Harmonie der Planetenbewegungen auf eine solche im großen unermeßlichen Fix-

stern-Verbande zu schließen, das ist aber geradeso thöricht und sinnlos, als wenn man folgern wollte, es bestehe auf der ganzen Erde Harmonie, Frieden und Gerechtigkeit, wenn irgendwo in einem Winkel Deutschlands ein friedliches, harmonisches und gerechtes Hauswesen existirt.

Ist es schon wegen der ungeheuren Größenunterschiede zwischen einem winzigen Sonnensystem und der unbegreiflich großen Welt der Milchstraße ganz unzulässig, von den Zuständen unseres Planetensystems auf die des Milchstraßen-Verbandes zu schließen, so noch mehr, wenn man die vorhandene Harmonie unseres Planetensystems als Entwicklungsresultat auffaßt, als End-Ergebniß eines Vorganges, der zu seiner Abwicklung einer gewissen Zeit bedarf. Ist die Harmonie hier bei unserem Planetengetriebe bereits erreicht, so ist im großen Sternverbande womöglich noch nicht der geringste eigentliche Anfang hierzu gemacht. Und wenn wir uns erinnern, daß das schöne befriedigende Resultat im Sonnensystem nur erreicht worden sein muß eben gerade durch Zusammensturz, durch Vereinigung aller sich unzweckmäßig bewegenden Planetenmassen (s. Seite 103, 115 u. f.), so kommen wir zu der Ueberzeugung, daß sich das Fixsternsystem noch gänzlich in dem Stadium der Vereinigungen, der Zusammenstöße, gleichsam der Kämpfe und Disharmonien befinden müsse.

Es ist überhaupt höchst fraglich, ob der Prozeß der Zusammenstöße in der Fixsternwelt zu einer derartigen Harmonie auch führen könne, wie sie unser Planetensystem zeigt, weil die Verfassung in der Fixsternwelt eine ganz andere ist, als in unserem Sonnensystem. Wir wissen bereits, daß im Milchstraßen-Verbande eine Zentralsonne nicht vorhanden ist, mächtig genug, um die einzelnen, die Millionen und Billionen Glieder des ganzen Systems in kreisähnlichen

Bahnen, wie die der Planeten, um sich herum zu führen. Außerdem sind die kreisförmigen Bahnen der Planeten, wie wir erkannten, wesentlich die Folge der Einheitlichkeit in der Drehung, die in dem ehemaligen Gasballen oder der Gasscheibe mit der Zeit entstanden war; die kreisähnlichen Bahnen der Planeten wurden nicht erst nachträglich durch eine Entwicklung geschaffen, sondern sie lagen schon als Keime in der einheitlichen Drehung der Sonnen- und Planeten-Gasmasse. Dagegen kann bei der großen Ur-Gasmasse der ganzen Milchstraßen-Welt von einheitlicher Drehung gar keine Spur vorhanden gewesen sein. Die muthmaßlichen zahllosen und dünnen, ungeheuer ausgedehnten Gaswolken und Nebelströme der Fixsternwelt bewegten sich wahrscheinlich, ohne allen Zusammenhang, in derselben Weise in allen möglichen Richtungen durcheinander hin, wie jetzt noch die Fixsterne kreuz und quer durch den Raum ziehen.

Wir haben auch sonst nicht den geringsten Grund für die Annahme, daß die Welten vor Zusammenstoß und Vernichtung bewahrt seien; schon die vielen kleineren Unglücksfälle auf der Erde — es sei nur an die vulkanischen Katastrophen und die Meteoritenfälle erinnert — zeigen das. Können viele kleinere Katastrophen vorkommen, so sind seltenere größere und große nicht ausgeschlossen.

Freilich können Fixstern-Zusammenstöße nicht alle Tage vorkommen. Die unermeßlichen Räume zwischen den einzelnen Sternen sind, wie wir wissen, der Grund, daß sich ihre gegenseitigen Stellungen trotz ihrer vielfach bedeutenden Bewegung für unser Auge selbst im Laufe sehr langer Zeiten gar nicht zu ändern scheinen. Riesenhaft sind die Zeiträume, welche selbst benachbarte gerade auf einander zu sich bewegende Sterne brauchen würden, um einander zu erreichen. Ein jeder Leser kennt die drei schönen Sterne im Gürtel des

Orion (vor Mitternacht sichtbar etwa von Januar bis Mai). Die Entfernung eines dieser drei Sterne vom nächsten beträgt ungefähr 1$^1/_2$ Grad. Nehmen wir die Entfernung dieser Sterne von uns aus (als solche 2ter Größe) zu 50 bis 60 Lichtjahren an, und denken wir uns, daß sich der eine von ihnen stracks nach seinem Nachbarsterne hin bewege und zwar so schnell, als wie etwa unser Sonnensystem durch den Weltraum zieht: mit der Geschwindigkeit von 2 Meilen (in jeder Sekunde), so würde er diesen Nachbarstern doch erst nach Ablauf von ungefähr 30 Jahrtausenden von jetzt an gerechnet erreicht haben.

So bietet uns auch der Fixsternhimmel ein Bild größter harmonischer Ruhe, doch nur bei kürzerer oder oberflächlicher Betrachtung.

Es sind Erscheinungen am Himmel beobachtet worden, die nicht gut anders erklärt werden können, denn als Zusammenstöße von Weltkörpern. Hin und wieder lodert da oder dort ein Fixstern plötzlich auf. An einer Stelle, wo sonst ein sehr kleiner Stern oder gar keiner sichtbar war, erscheint plötzlich ein größerer, hellstrahlender Stern, scheinbar unbeweglich, wie die fernen Fixsterne selbst; die Erscheinung gehört also in die Region der Fixsterne. Nach kurzer Zeit, gewöhnlich schon nach Wochen, nimmt dann der starke Glanz wieder sehr ab. So war es im Jahre 1866, als in der Nacht vom 12. zum 13. Mai im Sternbild der nördlichen Krone ein Stern 2ter Größe fast plötzlich (nach Schmidt in Athen sicher innerhalb weniger Stunden) erschien, wo vorher ein solcher von nur 5ter Größe gestanden hatte. Eine ähnliche (schwächere) Erscheinung wurde auch im Jahre 1876 im Sternbilde des Schwan, ferner eine solche im vorigen Jahre (1885) in der Andromeda beobachtet. Im Ganzen zählt die Geschichte der Astronomie 28 solcher Er-

scheinungen, die man „neue“ oder temporäre Sterne nennt, auf, davon 7 gut verbürgte aus der Zeit vor Erfindung des Fernrohrs und 16, welche chinesische Astronomen verzeichnet haben. Das hervorragendste Phänomen dieser Art wurde im November 1572 von dem berühmten dänischen Astronom Tycho de Brahe im Sternbilde der Kassiopeja beobachtet. Es stand dort ein Stern von so starkem Glanze, daß er gewöhnlichen Leuten auf der Straße auffiel und daß er von guten Augen selbst bei Tage gesehen werden konnte. Nach Tycho mußte der Stern in wenigen Tagen einen solchen außerordentlichen Glanz erreicht haben. Bei allen diesen Erscheinungen fehlt jede Kunde von einem allmäligen Anwachsen der Lichtstärke und es ist wahrscheinlich, daß die Glanzvermehrung bei den meisten binnen wenigen Stunden vor sich ging. Bei den neueren Erscheinungen (1866, 1876 und 1885) ist das Licht spektroskopisch untersucht worden und aus dem Spektrum ergiebt sich, daß die Lichtvermehrung sowohl von dichteren glühenden (wahrscheinlich flüssigen) Massen, wie auch von glühendem Wasserstoffgase hergerührt habe.

Die Lichtpost bringt uns hier Kunde von so ungeheuer heftigen Vorgängen, wie sie nur von dem Aufeinandertreffen zweier Weltkörper hervorgerufen werden können. Es ist von vielen Astronomen bestritten worden, daß wir es hier mit Weltkörperzusammenstößen zu thun haben. Man weist auf die Ausbrüche glühenden Wasserstoffes auf der Sonne hin und hält es für möglich, daß auf jenen Sternen ungleich größere Ausbrüche den fraglichen Lichterscheinungen zu Grunde liegen. Die Glanzvermehrung ist aber nicht allein, ja vielleicht nur zum geringeren Theil auf Rechnung der glühenden Gase zu setzen, wie das Spektrum der jüngsten Erscheinungen zeigte, und außerdem ist es bei der ungeheuren

Lichtentwicklung (bei dem Stern in der Krone war die Lichtstärke im höchsten Glanze etwa 160mal so groß, als gewöhnlich), nicht zulässig, die Protuberanzen der Sonne und die Gasentwicklung der temporären Sterne für Erscheinungen derselben Art und Ursache zu erklären.

Schon Newton knüpfte an die Erscheinung neuer Sterne und deren kurzes Grellleuchten die Vermuthung von Weltkatastrophen, von Zusammenstößen von Weltkörpern. Heute sind wir in Bezug auf die Erkennung der wahren Ursache jener Erscheinungen aus der unmittelbaren Beobachtung nicht weiter, als zu Newtons Zeit, denn die Fixsterne stehen so unermeßlich fern, daß sie auch in den kräftigsten Fernröhren nur wie leuchtende Punkte erscheinen und wir sind lediglich auf Vermuthungen angewiesen. Wenn man nun auch so bedeutende Vermehrungen des Lichtes, die ohne Zweifel von ebenso bedeutender Vermehrung der Wärmeausstrahlung begleitet sein wird, auf eigene Vorgänge auf jenen Sonnen zurückführt, so spricht das durchaus nicht für die Harmonie des Weltalls, sobald man annimmt, daß dieselben so wie unsere Sonne, von Planeten umkreist werden. Eine Vermehrung der Ausstrahlung unserer Sonne um das 160fache würde, wie du Prel bemerkt, für unsere Erde und uns von den verderblichsten Folgen sein; alles organische Leben würde binnen wenigen Minuten vor Hitze umkommen. Falb sagt („Umwälzungen im Weltall", Wien 1881, Seite 78), daß, wenn der Stern von 1876 auch von Planeten begleitet ist, zur Zeit jener Lichtvermehrung dort in wenigen Stunden Millionen von Lebewesen zu Grunde gegangen seien.

Die Erscheinungen der temporären Sterne lassen sich ganz leicht erklären, wenn man annimmt, daß auf eine solche Sonne irgend ein anderer Weltkörper aufgetroffen ist. Es müssen dabei höher glühende Massen des Innern der

Körper wieder zum Vorschein kommen, Verdampfungen und Gasentwicklungen müssen stattfinden; die hervorgetretenen glühenden Massen aber müssen sich dann im Laufe der Wochen und Monate wieder mit derjenigen Oberfläche überziehen, die der gewöhnlichen Oberflächen-Temperatur der betreffenden Sonnenkörper entspricht, so wie die bei Vulkanausbrüchen hervorgequollene Lava sich binnen ganz kurzer Zeit äußerlich mit einer Schlackenkruste überzieht.

Alle Einwände gegen die Möglichkeit von Weltkörperbegegnungen werden aber hinfällig, wenn man erkennt, daß die Welt nach physikalischen Gesetzen zu ihrem ewigen Leben der Zusammenstöße ihrer Stoffmassen dringend bedarf.

Die Entwicklung der Welt, wie wir sie hier in Gedanken durchlebt haben: ihre Gestaltung und schließliche Abkühlung, ist ein endlicher, zeitlicher Prozeß, ein Vorgang, der, so lange Zeiten er auch in Anspruch nahm und nimmt, doch endlich einmal zu einem Schlusse kommen muß. Verfolgen wir die weitere, die zukünftige Entwicklung der Welt blos mit Rücksicht auf die Wärme, auf die Temperatur der Weltmaterie, so sehen wir leicht ein, daß sich die Wärme zuletzt über alle Materie gleichmäßig ausbreiten müßte. Der Aether der Welt, wie alle die einzelnen Körper, würden am Ende der Zeiten ganz gleich warm (oder gleich kalt) sein. Manche Physiker haben in diesem Zustande gleichmäßiger Wärme, verbreitet durch das unendliche Weltall, wirklich den bleibenden Schlußzustand gesehen, wie z. B. Julius Zöllner („Die Kräfte der Natur und ihre Benutzung", Leipzig 1872, Seite 8 u. f.), der diese ewige Schlußperiode der Welt die Zeit des großen Todes nennt.

Halten wir nun die Materie für unvernichtbar und ungeschaffen, so können wir den Gaszustand, von dem wir bei

der Lehre von der Weltentwicklung ausgegangen sind, auch nicht als den eigentlichen Ur- und Anfangszustand der Weltmaterie betrachten, weil er ja ebenfalls nur ein endlicher, zeitlich ablaufender Zustand sein kann und nicht geeignet ist, die ewige Zeit vor der Entwicklung der Welt auszufüllen. Andererseits geht es nicht, den Gaszustand an den Anfang aller Zeit zu versetzen, weil dann längst das Ende der gegenwärtigen Entwicklungsperiode eingetreten und jener Zustand allgemeiner gleichmäßiger Temperatur heute vorhanden sein müßte, denn jede Zeitlänge, und wäre sie noch so groß, an den Anfang aller Zeit gesetzt, reicht selbstverständlich nicht bis zu unserer Gegenwart herein, sondern sie verschwindet gleichsam schon vor allem Anfang, in der verflossenen Ewigkeit.

Jenes Ende ist aber noch nicht eingetreten; die Sonne ist noch heißer als die Erde und der Weltraum noch gräßlich kalt. So bleibt uns nichts weiter übrig, als zu folgern, daß weder der ehemalige Gaszustand der eigentliche Anfangszustand war, noch daß die dunkele, gleichmäßig warme Welt mit ihren geisterhaft durch den Raum ziehenden Systemen die Welt der ewigen Zukunft sein wird. Vor dem Gaszustand war die Materie der Welt in einem anderen Zustand und nach der Verbreitung der Wärme und Abkühlung der heißen Weltkörper wird ein anderer Zustand kommen.

Welcher Art sollen aber die vorhergegangenen und die nachfolgenden Zustände sein? etwa solche, von denen wir keinerlei Ahnung haben?

Der Stoff kann in den äußersten Fällen höchstens vollkommen zerstreut und vergast oder vollkommen gesammelt sein; etwas Anderes giebt es nicht. Beide Arten von Zuständen sind aber in unserer Entwicklung enthalten. So

kann es gar keinem Zweifel unterliegen, daß der kommende Zustand wieder zur Vergasung führen wird, und daß dem ehemaligen Gaszustande ein Zustand der Erstarrung voraufging, wenn Alles ordnungsgemäß verlief. Das Ende der Welt muß der Anfang sein und der Anfang unserer Welt war nothwendig das Ende einer früheren. Der endliche, zeitlich verlaufende Prozeß der Weltentwicklung füllt die ewige Zeit nur aus, wenn er unendlich, unzählig oft in ewiger Wiederholung stattfindet.

Nach den bekannten physikalischen Gesetzen wird durch Stoß von Stoffmassen Wärme erzeugt, wie schon Seite 47 u. f. dargelegt wurde. Die erzeugte Wärme ist umso größer, je größer die Geschwindigkeit war, mit der die Körper zusammenstießen. Eine Geschützkugel, gegen eine Panzerplatte geschossen, erhitzt sich bis zur Rothglühtemperatur; aber die Meteore, deren Bewegung schon durch die atmosphärische Luft bis auf etwa den 30sten Theil verringert wird, würden sich gänzlich in Dampf auflösen, wenn ihre ganze Bewegung sofort gehemmt und die erzeugte Wärme in ihrer Wirkung auf den Stoff der Meteore selbst beschränkt bliebe. Würde die Erde plötzlich in ihrer Bewegung um die Sonne aufgehalten, so würde sie (nach Helmholtz) eine Temperaturerhöhung von 120,000 Grad erfahren, eine Hitze, die zur Vergasung und Zerstreuung aller Stoffe wohl ausreicht.

Je heftiger der Zusammenstoß, desto heißer werden die zusammengetroffenen Körper, desto stärker ist der Grad ihrer Zerstreuung, und bei sehr großen Geschwindigkeiten werden vielleicht Temperaturen entwickelt, welche die Atome in höchster Verflüchtigung nach allen Richtungen des Raumes auseinander treiben. Womöglich geht die Materie bei genügender Heftigkeit des Stoßes in den Crookes'schen vierten Aggregatzustand der Strahlung über.[65])

Diese Wärmeentwicklung und Vergasung durch Zusammenstoß ist es, kann es nur sein, welche die erstarrten Weltkörper in den Gaszustand zurückführt. Das „Aufeinanderplatzen" der Massen im Weltall bringt diesen die Erlösung aus dem Dunkel des Todes, ist die Vorbedingung für das ewige Leben und Treiben der Welt, für den ewigen Kreislauf der Entwicklung. Und wie lange auch die erstarrten, verödeten Sonnensysteme durch den Raum ziehen und kreisen, mag der Zustand der Verödung noch so lange, Millionen, Billionen Jahre dauern — was sind Billionen Jahre in der ewigen Zeit? — einmal muß irgendwo ein Zusammenstoß stattfinden, der die Stoffe in den Anfangszustand zurückführt.

Daß einer solchen Weltverfassung ein Plan oder irgend eine Absicht zu Grunde liege, braucht man nicht anzunehmen. Die wiederholte Umkehr der Entwicklung beruht auf den unabänderlichen Naturgesetzen, auf der Unvernichtbarkeit des Stoffes, dessen Bewegung und Schwere, und dann finden die Zusammenstöße auch nicht fahrplanmäßig, nicht nach einem Programm statt, sondern ohne Zweifel ganz gelegentlich, sodaß zu jeder Zeit, auch jetzt, Millionen kleinere und größere erloschene Sonnensysteme durch den Weltraum ziehen mögen, bis sie irgendwo durch einen Zusammenstoß zu neuem Leben entzündet werden.[66])

Es würde übrigens nicht schwer sein, auszurechnen, wie viele Zusammenstöße durchschnittlich im Jahrhundert im ganzen Sternengewimmel der Milchstraßen-Welt stattfinden müssen und in welchen Zeiten unser Sonnensystem durchschnittlich auf ein anderes auftreffen muß, wenn wir bestimmtere Zahlen über die Vertheilung der Sterne besäßen.

So haben wir jetzt auch eine Antwort auf die große Frage, wie die Wärme der Welt entsteht, eine Antwort, die voll-

kommen den Gesetzen der Physik entspricht und sich im Uebrigen in unsere Anschauung von der Entwicklung der Welt gut einfügt. Nach einer Mittheilung Kleins hat unter Anderen auch der französische Astronom Faye eine solche Lehre von der Entstehung der Wärme vertreten. Die Wärme der Welt und also ihr Leben und Licht ist einfach eine andere Form der ewigen Bewegung, d. h. der großen Bewegungen durch den Raum, nicht ein Erzeugniß der Verdichtung, wie noch so Viele unter den Gelehrten glauben. Ebensowenig kann die Hypothese für begründet erachtet werden, daß die Weltkörper am Ende vor Kälte zerfallen und sich womöglich auf diese Weise zerstreuen und auflösen sollen.

Nicht alle Zusammenstöße der Weltkörper können zur vollständigsten weitesten Vergasung führen; es kommt ja ganz auf die Geschwindigkeiten der zusammentreffenden Körper an. Wenn zwei Sonnen in gewöhnlicher Geschwindigkeit von wenigen Meilen zusammenstoßen, so bleiben beide Systeme nachher vielleicht als vereinigte Gasmasse beieinander und es entwickelt sich hieraus ein einziges größeres Sonnensystem, vielleicht mit doppelter Sonne oder mehrfacher. Wir dürfen auch überhaupt nicht annehmen, daß der Kreislauf der Aggregatzustände einer Stoffmasse, z. B. der Stoffe unseres Sonnensystems, völlig schablonenhaft und ewig gleichförmig, wie der Ausschlag des Pendels einer Uhr, vor sich gehen werde. Im Gegentheil müssen wir die größte Mannichfaltigkeit und Abwechselung in der Größe wiedervereinigter Massen, in der Ausdehnung entstehender Gaswelten, für wahrscheinlicher halten. Auch wird nicht jeder Anfang einer Planeten- und Sonnenwelt mit der Vergasung des ganzen Fixsternheeres zusammenfallen, zu welchem sie gehört.

Im Allgemeinen wird in unserer Fixsternenwelt der Prozeß der Zusammenstöße zunächst nur das Resultat haben, daß größere Haufen und größere Systeme entstehen. Viele Sternenwolken und Sternhaufen sind vielleicht die Ergebnisse solcher Einzelvereinigungen. Aber durch diese Vereinigungen von Massen, die dann auch eine größere und weiter reichende Anziehungskraft erlangen, wird die Möglichkeit der heftigsten Zusammenstöße immer größer, wenn auch die Zusammenstöße selbst immer seltener werden müssen, weil sich die Räume immer mehr leeren. Manche Sternhaufen sehen aus, als ob sie ihre Glieder aus den benachbarten Welträumen herangezogen hätten; so z. B. fand W. Herschel einen solchen sehr auffälligen Sternhaufen im Skorpion. Vielleicht müssen wir in derartigen Sternhaufen solche beginnende Vereinigungen von Sonnensystemen sehen, während andere ihre Vereinigung wie den Gaszustand schon hinter sich haben mögen. Wir sind geneigt, die Möglichkeit des Zusammentreffens einer so ungeheuren Masse von Sternen, wie sie die Milchstraße enthält, in eine unerreichbar ferne Zukunft zu verlegen. Allein, wenn wir auch annehmen müssen, daß bis dahin unzählige stellenweise Vereinigungen, Neubildungen von Sternhaufen und zerstreuter einzelner Fixsterne, zahlreiche Weltperioden in allen Bezirken der Milchstraße in reichster Abwechselung vor sich gehen werden, so wird sich bei diesem Prozesse und unter Mithilfe des widerstehenden Aethers im Raum doch wohl nach und nach ein derartiges Uebergewicht an wenigen weit von einander entfernten Stellen, vielleicht auch um den Schwerpunkt des Ganzen herum, bilden, bestehend in großen Massen des Weltmaterials, sodaß schließlich unter dem Donner eines ganz außerordentlichen Weltenzusammensinkens eine neue Daseinsperiode der ganzen Milchstraßenwelt beginnen kann. Denn auch das Sternen-

heer der Milchstraße als Gesammtheit können wir nicht im eigentlichen Sinne als ewige und unveränderliche Konstellation betrachten.

Uebrigens ist die Möglichkeit, daß die gesammte Materie der ganzen Welt zu Zeiten als Gas vereinigt sei, wohl auszuschließen und ebenso die Annahme, daß einst die ganze Welt gleichzeitig in den zeitweisen Zustand der Verödung gerathen könne, und zwar darum, weil wir annehmen müssen, daß es eine endlose Welt ist, die wir da vor uns haben. Wir kommen so zu dem Schlusse, daß die Welt jederzeit alle Stufen der Entwicklung aufweisen wird, daß, während sich unser Fixsternheer im Zustande der Zertheilung in einzelne Sonnensysteme befindet, in anderen Gebieten des Weltraumes der allgemeine Gaszustand herrschen mag. Das Aussehen verschiedener Nebelflecken weist ja ebenfalls hierauf hin.

Die Welt ist also wahrscheinlich zu jeder Zeit fertig und am Beginn. Es giebt keinen allgemeinen Anfang der Welt und kein allgemeines Ende, sondern nur allgemeinen, ewigen, unendlich gegliederten Kreislauf.

Während wir so in Gedanken die muthmaßliche Entwicklung unseres Fixsternsystems vom Zustande der Vergasung an verfolgt haben, sind wir bei der Entstehung der Nebelmassen angelangt. Wir können uns jetzt ganz gut vorstellen, wie die verschiedenen Nebelgestalten entstehen können, von solchen mit dichteren Stellen (die ja nicht sämmtlich verdichtete Stellen, sondern auch dicht gebliebene Stellen sein werden), bis zu den gleichmäßiger leuchtenden oder zerrissenen. Auch die Entstehung eines Ringnebels, wie wir solche im III. Abschnitt kennen lernten, ist erklärlich. Wenn zwei Massen mit ungeheurer Geschwindigkeit

zusammentreffen, so mögen die entstehenden Gasmassen nach allen Seiten der Ebene, in welcher sie davonfliegen können, in ringförmiger Wolke auseinanderstäuben, wie man es bei feinem Staub beobachten kann, sobald man einen großen Ballen davon auf die Erde auffallen läßt. Je



Abb. 47. Spiralnebel im Sternbilde der Jungfrau. (Nach Rosse.)

heftiger der Zusammenstoß, desto weiter wird sich die Hauptmasse des Gases als Ring nach außen hin zerstreuen. So können wir uns wenigstens auch einen Begriff für die Möglichkeit bilden, wie sich der Weltenkranz der Milchstraße — diese Form als erwiesen vorausgesetzt — als Gaswolkenkranz formen konnte. Spiralnebel, wie vorstehend einer abgebildet ist, müssen entstehen, sobald die in Gasform

ausströmende Masse gleichzeitig in Rotation begriffen ist. Wenn dann bei der ausströmenden Masse gleichzeitig eine Theilung stattfindet, so müssen sich spiralförmige Strahlen entwickeln, wie sie Rosse mit seinem Riesenfernrohr bei so vielen Nebelflecken gefunden hat.

Indem sich unser Sonnensystem, gleich den übrigen Gliedern unseres Sternengewimmels, wahrscheinlich in ungeheuerer Bogenlinie, durch den Raum hinbewegt, muß es, gleichviel ob schon kalt und erstarrt, oder noch leuchtend, früher oder später seine Auflösung erfahren. Während so eine Nebelmasse entsteht, hört unsere Welt auf zu existiren und zugleich nimmt eine neue ihren Anfang. Jenes Weltende ist darum ein Ende, wie der Herbst ein Ende der Welt ist: Das Ende einer Periode, eines Kreislaufes und gleichzeitig die Vorbereitung einer neuen Periode. Wem der Fortschritt und das Heil der Menschheit nicht gleichgiltig ist, den muß der Gedanke allerdings traurig stimmen, daß die Menschen, die sich auf den künftigen Welten wieder von Neuem aus der Thierheit heraus entwickeln werden, dann immer wieder gänzlich von vorn anfangen müssen und alle die unsäglichen Mühseligkeiten und die fast endlosen Jammerzustände wiederum von Anfang an zu durchleben haben, welche die Entwicklung der Zivilisation mit sich führt; doch können wir die Thatsache nicht ändern. Es giebt keinen allgemeinen Fortschritt in der Welt; die erreichten Höhen unserer einstigen gesellschaftlichen Ordnung und unseres Lebens kommen künftigen Welten und Menschheiten nicht zu gute, so wie wir nichts von den Errungenschaften der vergangenen Welten überkommen haben.

Erkannten wir dies erst einmal als natürliche Nothwendigkeit, so darf uns die Gewißheit, daß unsere Welt

einst nach Verlauf von ungezählten Jahrmillionen wieder in Gas und Dampf aufgehen werde, nicht im Mindesten mehr niederdrücken. Unsere Arbeits- und Lebensfreudigkeit kann und wird sich davon noch unendlich weniger beeinflussen lassen, als von der Gewißheit unseres eigenen persönlichen Todes. Zudem — warum sollte auch die Erde und das Planetensystem, warum sollte die Welt ewig bestehen, wenn jeder einzelne Mensch durch den Tod seine ganze Welt verliert?

XII. Abschnitt.

Schlußbetrachtung.

Ob sich die Welt durchgängig in der dargestellten Weise entwickelte und weiter entwickeln wird? Wer möchte das mit ganzer Bestimmtheit behaupten? Nach allem Ermessen und wenn wir möglichst vorurtheilsfrei an die kosmogonische Frage herantreten, wenn wir ferner die physikalischen und astronomischen Wahrheiten nicht zu Truggebilden unserer Sinne degradiren wollen, so dürfen wir sagen, daß sich die Bildung und Veränderung der Welt im Wesentlichen in der dargestellten Weise vollzogen haben müsse. Die entscheidenden Fragen bleiben immer die, wie die Entstehung der Wärme zu erklären ist und ob es eine Abkühlung im Weltraum giebt. Mit der Antwort dieser Fragen steht und fällt so ziemlich die ganze hier vorgetragene Lehre. Indessen können wir die hier gegebenen Antworten in der Hauptsache wohl mit gutem Recht als nahezu unumstößlich ansehen.

Noch fester wird die Behauptung stehen, daß die Welt keinen Zweck habe. Sehen wir selbst davon ab, daß die ewige Wiederholung des Weltkreislaufes, der doch schon unzählig oft vor unserem Dasein, vor der Existenz unserer Erdenwelt stattgefunden haben muß, für uns keinen kulturellen Vortheil brachte, keinerlei merkbaren Einfluß auf unsere Entwicklung übte, daß wir nicht das Mindeste von den Errungenschaften früherer Welten, ihren wissenschaftlichen Erfahrungen, gesellschaftlichen Einrichtungen, künstlerischen

Werken u. s. w. empfangen haben, betrachten wir nur das unbarmherzige Treiben der Naturkräfte auf unserem jetzigen Erdballe, die Lebensverhältnisse in der Thierwelt wie in der Menschenwelt u. s. w., so werden wir leicht inne, daß der Welt kein Zweck zu Grunde liegen könne. Es muß hier darauf hingewiesen werden, daß nicht nothwendig Alles einen Zweck haben muß, was existirt. Mit dem Begriff des Zweckes verhält sichs ganz ähnlich, wie mit dem Begriff von der Ursache des Stoffes (Anhang Nr. 27). Weil wir in unserem Thun und Treiben Zwecke, Zwecke des Genusses und Erwerbes verfolgen (s. meine Schrift: „Der Egoismus und die Zivilisation", sozialwissenschaftliche Erörterung, Stuttgart 1883) und ohne Zweck vernünftigerweise eigentlich Nichts vornehmen, so können wir uns nicht leicht etwas ohne Zweck denken, am allerwenigsten das Weltall. So gut aber, wie es in unserem Kopfe einen Begriff von Oben und Unten giebt, von dem wir uns fast nicht einen Augenblick frei machen können, der aber doch gar keine Grundlage in der wirklichen Welt außer uns besitzt, ebensogut kann auch der Zweckbegriff ohne eigentliche Grundlage sein, sofern wir ihn auf Anderes, als unser Thun und Treiben, auf das Weltall übertragen.

Daraus, daß die Welt stellenweise bewohnt und von Pflanzen überwuchert ist, darf man noch nicht schließen, daß die Welt den Zweck habe, bewohnt und überwuchert zu sein. Findet man, daß es auch unbewohnte Weltkörper giebt, daß öde Strecken und Wüsten auf der Erde vorhanden sind, die viel mehr Raum einnehmen (s. Seite 231) als die bewohnten Strecken, daß nur etwa 1/50 der gesammten Erdoberfläche einigermaßen brauchbare Wohn- und Nahrungsfläche für die Menschen bildet, so könnte man fast mit gleichem Recht folgern, daß es der erstrebte vorgesetzte Zweck der

Welt sei, unbewohnt zu sein, zumal wenn man in Betracht zieht, welche ungeheuren Zeiten hindurch die Erde schon vor der Existenz des Menschengeschlechts bestanden haben muß und welche Zeitlängen wieder nachher ohne organisches Leben ablaufen können.

Auch die Schönheiten der Welt können nicht dafür sprechen, daß diese etwa den Zweck habe, die Menschen zu tragen und zu erfreuen. Wie schön ist der Wechsel der Jahreszeiten in unserer gemäßigten Zone! Man ist versucht zu glauben, daß die Axe der Erde, von deren Schiefstellung der Wechsel von Sommer und Winter herrührt, von irgend einer wohlwollenden Macht zu dem Zweck schief gerückt worden sei, damit wir uns unser Leben lang an der Wiederkehr des Frühlings erfreuen können. Aber ich glaube, daß schließlich auch ein ewiger Frühling zu ertragen wäre (denn Abwechselungen, die wir nicht kennen, vermissen wir auch nicht); beständige Gleichheit von Tag und Nacht auf der ganzen Erde würde aber stattfinden, wenn die Erdaxe senkrecht auf der Ekliptik stände, so wie es thatsächlich nahezu beim Jupiter der Fall ist. (Zu vergl. Seite 134.)

Andere Annehmlichkeiten der Welt sind nur bei einem gewissen Grade schön, beispielsweise der Sonnenschein. Es giebt Lagen und Verhältnisse genug im menschlichen Leben, wo die Sonnenstrahlen nichts von Annehmlichkeit mehr an sich haben (wie z. B. für den schwerbelasteten zum Tode ermatteten Soldaten auf dem Marsche, im Hochsommer), ganz abgesehen von den Beschwerden der Erdgegenden, wo die Sonne ein angenehmes Leben überhaupt zur Unmöglichkeit macht.

Der Begriff des Zweckes entstand in unserem Kopfe, indem wir uns unserer verschiedenen menschlichen Zwecke

bewußt wurden, der Ziele, die wir uns für unser Thun und Handeln vorsetzen. Daraus aber schon, als von vornherein gewiß (a priori), ableiten zu wollen, daß auch Alles außerhalb unsers Thuns und Handelns einen Zweck haben müsse, das ist — ich muß das Beispiel nochmals verwenden — geradeso voreilig, als zu glauben, auch die Telegraphenstangen wachsen, weil es Manches giebt, was wächst, während es in der Erde steckt.

Die Anschauung, daß die Welt einen Zweck habe, ist nichts Anderes, als der Glaube, daß die Menschen der Zweck der Welt seien, eine Ansicht, die noch aus der Zeit stammt, als die Erde als Mittelpunkt und Hauptsache des Weltalls angesehen wurde.

Wenn an Stelle unserer jetzigen Welt der Raum einst mit feinen durcheinanderfließenden Gasen erfüllt war, so mußte sich im Wesentlichen eine solche Welt herausbilden, wie sie besteht. Denn, entweder war eine ursprüngliche Gasmasse so ausgedehnt, daß sie bei stattfindender Abkühlung in eine große Anzahl einzelner Haufen zerfallen mußte, oder sie war es nicht. Beide Fälle waren vertreten. Die große Ausdehnung führte zur Entstehung einer Vielzahl von einzelnen Sonnenballen; bei diesen letzteren aber blieben die Massen mehr einheitlich beieinander und bildeten sich zu Sonnen- und Planetensystemen aus. Dabei vereinigten sich die einzelnen Planetenwolken so lange, als bis genügende Räume für den Umlauf und den gesonderten Bestand der einzelnen Planeten geschaffen waren. Hier ist nicht die Spur eines Zweckes zu erkennen, sondern lediglich ein Spiel von Stoffen und Kräften, das nicht anders sein und nichts Anderes hervorbringen kann, als was wir vorfinden. Ein Anderes wäre es, wenn der Stoff eine Bewegung nie gehabt hätte; dann konnte unsere Welt nicht entstehen. Ohne

die von der Schwere unabhängige ewige Urbewegung der Materie (zu vergl. Seite 81 u. f.) würde es kein Planetensystem, keine Theilung der Massen in leuchtende Sonnen und um sie herum rollende Planeten geben. Versunken in Nachdenken über die Räthsel der Welt und vergessend, was wir philosophisch über die Bewegung (Seite 82) erkannten, fragt man wohl hier in neuen Zweifeln an der Selbstständigkeit der Welt, ob nicht doch vielleicht die Existenz jener ersten Bewegung auf eine zweckesetzende Macht unzweideutig hinweise, auf eine absichtsvolle Durchrührung der gasigen Vorwelt. Stände denn aber, so muß die Vernunft zurückfragen, der erzielte Erfolg in einem solchen Verhältniß zu der aufgewendeten Mühe, welches einer zweckesetzenden, bewußten geistigen Macht würdig wäre? Das ist nun gar nicht der Fall. Um auf den einzelnen kleinen Planetchen auf kleinen Bruchtheilchen der Oberflächen eine neben den Entwicklungszeiten dieser Körper verschwindend geringe Periode hindurch eine durch langwierige Kämpfe und unendliche mühsame Arbeit nur erreichbare Menschenkultur möglich zu machen, da wären unermeßliche Stoffmassen in Bewegung gesetzt worden, Millionen Berge hätten kreisen müssen, um ein Infusionsthierchen zu gebären! Und bedenkt man den ewigen Kreislauf, die ewig wiederholte Vernichtung und das Wiedererwachen des Lebens der Welt, so schwindet vollends jeder Gedanke an irgend welchen Zweck derselben.

An eine übernatürliche, über allen Naturgesetzen stehende allmächtige Gewalt dürfen wir bei alledem schon garnicht denken, denn einer solchen müßte es möglich gewesen sein, die Schwere nur dort wirken zu lassen, wo es zweckmäßig ist, statt überall und auch dort, wo es zwecklos und schädlich werden mußte. Die gegenseitigen Störungen der Planeten, sofern sie wirklich in alle Ewigkeit auf den Bestand des

Planetensystems keinen schädlichen Einfluß haben, sind jedenfalls für diesen Bestand auch nicht gerade nothwendig. Aeußern aber die Planeten auf einander keine Anziehung, so ist auch ihre so weitläufige Vertheilung in so verschiedenen Abständen nicht erforderlich; dann konnten weit mehr Planetenmassen als Wohnplätze von der Art, wie unsere Erde ist, dienen. Ein Ingenieur, dem der Auftrag geworden wäre, das Planetensystem so herzustellen, daß auf den disponiblen Stoffmassen möglichst viel Menschen untergebracht werden können, der würde, mit unumschränkter Gewalt versehen, dasselbe ganz anders eingerichtet haben, als wie es die Naturkräfte in Wirklichkeit fertig brachten.

Man sieht vielfach das Naturgesetz selbst als eine Thatsache an, die für ein bestimmtes Wollen der Welt spreche. Insbesondere hat sich der in dieser Schrift mehrfach genannte Philosoph du Prel in seinen Schriften dafür ausgesprochen, daß die Naturgesetze selbst ein noch ungelöstes Problem bilden, ihre bloße Existenz aber schon die Haltlosigkeit der Lehre beweise, die Weltvorgänge seien ein blindes, zielloses Treiben und Walten der Stoffe und Kräfte. Was die Naturgesetze im Weltall erzielen, ist in den voranstehenden Abschnitten auseinandergesetzt worden; auf ein anderes Gebiet gehört es, was sie in der Menschheit, im Gebiete der menschlichen Zivilisation bewirken. Hier aber sei noch darauf hingewiesen, daß die Naturgesetze nichts weiter sind, als unser menschlicher (in Worte gefaßter) Ausdruck der Wahrnehmung, daß der und der bestimmten Ursache stets die und die Wirkung folge. Die verwickeltesten und interessantesten Gesetze, wie z. B. die Kepler'schen Planetengesetze (Anhang Nr. 18), lassen sich hierauf zurückführen. Die Naturgesetze sind Regeln,

nach denen sich die Materie bewegt und formt. Diese Regeln beweisen nichts für ein Wollen der Welt, für eine Absicht des Stoffes. Sie würden nur dann so etwas beweisen, wenn es noch etwas Unabsichtlicheres, Geringeres geben könnte. Nun ist aber gar kein Drittes möglich: Entweder willkürliches Treiben und Bewegen der Stoffe, Bewegung derselben nach Laune und Einfall, oder die berechenbare Regel, die Regel des Wiederkehrens derselben Erscheinung, wenn dieselbe Ursache wirkt. Einen Zweck der Welt kann man also aus der Existenz der Naturgesetze nicht beweisen, wenn man nicht das Fehlen aller Willkür auch noch eine Willkür nennen will.

Der Beweis eines Weltzweckes könnte sich wesentlich nur auf die Thatsache des Stoffdaseins selbst, wie auf die der ewigen, unvernichtbaren und unerzeugten Bewegung und der Kräfte gründen. Dabei aber wäre auch das zu widerlegen, was schon oben über den Zweckbegriff und einen Weltzweck gesagt worden ist.

Wir werden uns schließlich beruhigen müssen bei der Anschauung, der Wilhelm Jensen in seinem gedankenreichen Gedicht: „Nel mezzo del commin di nostra vita!“ Ausdruck verliehen hat, wie sehr wir auch das Bedürfniß fühlen, einen Zweck der Welt zu ergründen:

> Die Unermeßlichkeit hat kein Warum!
> Sie ist das, was da ist — ein kreisend' Rad
> Urewigen Seins, ein Individuum,
> Das keinen Maaßstab als sich selber hat.

Müssen wir auch erkennen, daß die Welt nicht eigentlich für uns da ist, und daß wir sonach keinen formellen

Rechtsgrund für unsere Existenz auf der Erde besitzen, so wollen wir uns trotzalledem durch diese Erkenntniß in der frohen Benützung der Welt, in dem Genusse ihrer Annehmlichkeiten und in dem wahrhaft interessanten Studium ihrer Gesetze und Räthsel in keiner Weise beeinträchtigen lassen.

Anhang.

Erläuterungen und Anmerkungen.

1. **Philosoph** heißt wörtlich übersetzt: Freund des Wissens. Jetzt versteht man unter Philosophie die Wissenschaft von den großen Räthseln der Welt und des Lebens.

2. **Astronomie:** Wissenschaft von den Sternen und Himmelskörpern.

3. **Physik** und **Mechanik.** Die Physik ist die Wissenschaft von den allgemeinen Kräften, Erscheinungen und Gesetzen des Stoffes. Mechanik heißt die Wissenschaft von dem Gleichgewicht und der Bewegung der Körper und Körpertheilchen.

4. **Chemie:** Wissenschaft von der Zusammensetzung und Zerlegung aller Stoffverbindungen, welche einheitlich und einfach zu sein scheinen.

5. **Geologie:** Wissenschaft vom Bau, der Zusammensetzung, der Entwicklung und dem Zustand der Erde.

6. **Mineralogie:** Wissenschaft von den Bestandtheilen der Gesteine.

7. **Mathematik:** Wissenschaft von den Größen und Quantitäten.

8. **Planeten** sind Weltkörper, welche sich, wie unsere Erde, um die Sonne bewegen und von ihr Licht und Wärme erhalten. Ihre Bewegung um die Sonne hat zur Folge, daß ihre scheinbaren Stellungen am Himmel unter den übrigen Sternen nicht dieselben bleiben; die Planeten wandern am Himmel, wie Sonne und Mond, weßhalb sie auch Wander- oder Wandelsterne heißen. Näheres im Text Seite 16 u. f.

9. **Hypothese.** Darunter versteht man eine wissenschaftliche, d. h. durch Thatsachen gestützte Lehre, welche aber in der Wissenschaft noch nicht diejenige allgemeine Anerkennung gefunden hat, die man für erforderlich hält, um eine Lehre als wissenschaftliche Wahrheit gelten lassen zu können.

10. **System** heißt ein Mehrfaches oder Vielfaches, welches durch besondere Umstände zu einem Einheitlichen verknüpft ist. Ein Weltkörpersystem ist eine Anzahl Weltkörper, die durch gewisse Kraftwirkungen mit-

einander in Verbindung stehen. Das Sonnensystem ist das System der Sonne mit ihren Planeten.

11. **Atmosphäre:** die Luft- und Gashülle eines Weltkörpers. Die Atmosphäre wird nach außen, bezw. oben immer dünner und leichter und erstreckt sich bis in unbekannte Höhen. Luft ist ein Stoff, so gut wie Wasser und hat als solcher auch ihr bestimmtes Gewicht. Von der dichteren Luft an der Erdoberfläche wiegt ein Kubikmeter (1000 Liter) etwa $1^{3}/_{10}$ Kilogramm; 2 Liter Luft sind ungefähr so schwer, wie ein Blatt dieses Buches.

12. **Weltäther.** Zu den im Weltraum befindlichen Gasen müssen wir den Aether rechnen, einen Stoff, der noch viel weniger sichtbar und viel leichter ist, als unsere Luft; vielleicht ist er nur die feinste Verdünnung derselben. Es scheint, als ob der Aether durch den ganzen unbegrenzten Raum hin verbreitet wäre; jedenfalls erstreckt er sich in unermeßliche Fernen. Der Aether ist der Vermittler und Träger der Licht- und Wärmestrahlen.

13. **Zur Unendlichkeit des Raumes.** Diese Erklärung der Unendlichkeit des Raumes (Seite 10) dürfte von manchen Philosophen als hausbacken und unzulänglich bezeichnet werden. Ich weiß es, welche unendlichen Grübeleien unsere „größten" Denker über den Raum angestellt haben, doch bin ich der Ansicht, daß die Resultate dieser Anstrengungen sich geradeso weit von der Auffassung des gesunden Menschenverstandes entfernen, als nöthig ist, um sie für die übrige Menschheit für alle Zeiten total unverständlich zu machen. In solchen Dingen versteht gewöhnlich ein Philosoph den anderen nicht, jeder redet seine eigene, nur ihm verständliche Sprache. Um ein Beispiel anzuführen, wie weit der menschliche Geist in dieser Frage auf Irrwege gerathen (irre werden) kann, sei der „berühmte" Geometer Riemann erwähnt. Derselbe vergleicht die Unendlichkeit des Raumes mit der „Unendlichkeit" einer Kugelfläche — er konnte ebenso gut eine mit ihren Enden verknüpfte Schnur oder einen Ring für sein Beispiel verwenden — und übersieht dabei augenscheinlich, daß die Kugel, obwohl sie keine kantigen und eckigen Grenzen hat, doch eine gewisse endliche Größe, einen bestimmten Durchmesser besitzt. Riemann findet übrigens die endliche Unendlichkeit (!) des Raumes in der Weise, daß er im Raum im Kreise herumläuft und folglich auf den Ausgangspunkt zurückkommt, ein nicht gerade geometrisches Verfahren. Wie lange man auch in der Weise Riemann's im Kreise herumlaufen und sich selbst einreden mag, man habe die Unendlichkeit und ihr Wesen gefunden, so bleibt die Unbegrenztheit des äußeren Raumes doch als Thatsache bestehen.

Andere, wie Radenhausen z. B., haben bezüglich des Raumes (ebenso der Zeit) Folgendes entdeckt: Der Raum existirt gar nicht außer uns, sondern ist nur ein Begriff in unserem Kopfe. Das ist genau so unwahr, als die Ansicht, die ganze Welt sei eine bloße Augentäuschung.

14. **Ellipse.** Zieht man auf einer ebenen Fläche eine gerade Linie, schlägt auf dieser Linie in beliebiger Entfernung von einander 2 Stifte ein, befestigt an diesen Stiften einen beliebig langen Faden (der aber länger sein muß, als die Entfernung der Stifte von einander) mit jedem Ende an einem Stifte und zieht man an dem lose hängenden Faden entlang und denselben spannend mit einem Bleistift zu beiden Seiten der geraden Linie Bogenlinien, so bilden beide Bogenlinien zusammen eine Ellipse, eine längliche Ringlinie. Die Orte, wo die Stifte eingeschlagen sind, heißen die Brennpunkte der Ellipse, und die gerade Linie, auf welcher die Brennpunkte liegen, heißt die Hauptaxe. Jede gerade Linie von einem der Brennpunkte bis an die Ellipse heißt ein Leitstrahl oder Radius vektor.

15. **Ursache der Jahreszeiten-Unterschiede.** Die Schiefstellung der Erdaxe ist für die Witterungs- und Wärmeverhältnisse auf der Erde von großer Wichtigkeit, denn von dieser Schiefstellung rühren die Unterschiede unserer Jahreszeiten her (nicht aber die Wärmeunterschiede der verschiedenen Erdgegenden überhaupt). Die Erde neigt auf einem Theil ihrer Bahn mehr die Nordhälfte der Sonne zu, auf dem entgegengesetzten Theil mehr die Südhälfte (siehe Abbildung Seite 13). Daraus entspringt ein jährliches Anwachsen und Schwinden unserer Tageslänge, womit in weiterer Folge ein Schwanken in der durchschnittlichen Temperatur verbunden ist.

16. **Gewicht des Wassers und der Erde.** Ein Kubikmeter (1000 Liter) Wasser wiegt (an der Erdoberfläche) 20 Zentner. Die gesammte Erde würde an der Erdoberfläche (stückweise gewogen) das Gesammtgewicht von etwa 120,400 Trillionen Zentner ergeben.

17. **Exzentrizität.** Man nennt diese Brüche $^1/_{60}$, $^1/_{150}$ u. s. w. (siehe Seite 25) die Exzentrizität der Bahnen. Genauer ist die Exzentrizität der großen Planeten in Dezimalbrüchen: bei Merkur $0{,}_{2056}$, Venus $0{,}_{0068}$, Erde $0{,}_{0168}$, Mars $0{,}_{0933}$, Jupiter $0{,}_{0482}$, Saturn $0{,}_{0561}$, Uranus $0{,}_{0463}$, Neptun $0{,}_{0085}$.

18. **Die Kepler'schen Gesetze** der Planetenbewegung lauten: 1. Die Planeten bewegen sich in Ellipsen[14]), in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. 2. Der Leitstrahl[14]) zwischen Planet und Sonne überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen (d. h. je größer die Entfernung des Planeten von der Sonne, desto langsamer seine Bewegung). 3. Die

Quadrate[67]) der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben[67]) ihrer mittleren Abstände von der Sonne.

Die zwei ersten Gesetze veröffentlichte Kepler im Jahre 1609, das dritte 10 Jahre später. Bis zu Keplers Arbeiten hatte man geglaubt, daß die Himmelskörper sich in Kreisen bewegen.

19. **Hauptaxe**, s. Ellipse, Nr. 14.

20. **Präzession.** Die Erdaxe beschreibt in etwa 26,000 Jahren eine Drehung, wie wir solche bei der Axe eines Kreisels beobachten können, den wir — während wir ihn in rasche Drehung versetzt — etwas schief auf den Tisch gestellt haben. Infolge dieser Drehung wird die Erdaxe, die jetzt ungefähr nach dem sogenannten Polarstern zeigt, nach 13,000 Jahren nach einer Stelle unweit des Sternbildes der Leyer gerichtet sein. Die Ursache der Präzession liegt in der Wirkung der Anziehung von Sonne und Mond auf die Anschwellung der Erde um den Aequator. (Ueber diese Anschwellung Seite 142 u. f.)

21. **Grad**: der 360ste Theil eines Kreises. 90 Grad bilden den Bogen eines rechten Winkels.

22. **Geschwindigkeit.** Darunter versteht man in der Mechanik und Astronomie stets den Weg eines Körpers in einer Sekunde.

23. **Parabel und Hyperbel.** Die Parabel kann man auffassen als das eine Ende einer unendlich langen Ellipse[14]). Sie wird vorgestellt unter Anderem durch den Weg, den ein schräg geworfener Körper, im Bogen aufsteigend und niederfallend, zurücklegt, weshalb die Parabel auch Wurflinie heißt. Die Hyperbel ist der Parabel ähnlich, doch laufen hier die beiden Schenkel viel mehr auseinander, als bei der Parabel.

24. **Spektroskop und Polariskop.** Eine ausreichende Beschreibung dieser Instrumente kann hier nicht gegeben werden; es sei nur Folgendes bemerkt: Im *Spektroskop* wird der Lichtstrahl mittelst dreikantiger Glasstäbe durch Ablenkung von der geraden Linie in seine einzelnen Farben zerlegt und der einfarbige Lichtschein zu einem Schein mit mehreren Farben (sofern in ersterem mehrere Farben enthalten sind) auseinandergezogen, dessen Aussehen lehrt, ob der Stoff, von dem der Strahl ursprünglich ausgeht, sich im festen oder flüssigen, oder ob er sich im gasförmigen Zustande befindet, ferner, ob im ersteren Falle außer dem flüssigen oder festen Stoffe auch Dämpfe und Gase vorhanden sind. Im ersteren Falle grenzt eine Farbe des Lichtscheins, welchen man *Spektrum* nennt, dicht an die andere, wie beim Regenbogen; das Spektrum ist dann ununterbrochen oder kontinuirlich. Das weiße Licht zerfällt dann in die sechs Hauptfarben roth, orange, gelb, grün, blau und violett. (Statt dieser sechs

Farben kann man auch nur drei von ihnen als Hauptfarben gelten lassen: roth, gelb und blau.) Die stärkste Ablenkung von der geraden Linie (Brechung) zeigt das violette Licht, die geringste das rothe. Befindet sich der leuchtende Stoff im dampf- oder gasförmigen Zustande, so besteht das Spektrum nur aus einzelnen, miteinander nicht zusammenhängenden Theilen, Banden genannt, die bei den verschiedenen Stoffen verschieden gefärbt und verschieden an Zahl, Breite, Stellung und Helligkeit sind. Die Lage dieser Banden entspricht stets der Brechbarkeit ihrer Farben. Aus der Farbe und Lage dieser Banden kann man erkennen, aus welchem Stoff der glühende Dampf besteht, der das Licht ausstrahlt. — Das Polariskop zeigt, ob der leuchtende Stoff selbst leuchtet und glüht, oder ob derselbe nur fremdes Licht zurückstrahlt.

25. **Bewegungsgesetze** oder Axiome der Mechanik. Es sind folgende drei großen Bewegungsgesetze gefunden worden: 1. Jeder bewegte Körper setzt seine Bewegung in gerader Linie und mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fort, so lange andere Ursachen (Widerstände, Kräfte) diese Bewegung nicht ändern oder hindern. 2. Die Aenderung einer Bewegung steht im Verhältniß zur einwirkenden Ursache. 3. Jeder Körper, der eine Aenderung seines Ruhe- oder Bewegungszustandes durch eine Ursache erfährt, setzt dieser Ursache einen Widerstand entgegen, der dieser Ursache in der Stärke gleich und in der Richtung ihrer Wirkung entgegengesetzt ist. — Das erste und zweite Gesetz ist zuerst von Galilei (geb. 1564) ausgesprochen und das erste zuerst von Newton scharf formulirt worden. Das dritte Gesetz wurde erst in neuerer Zeit gefunden.

26. **Schall** und **Licht** sind, wie die Wärme, Bewegung der Körpertheile; die Unterschiede zwischen der Schall- und der Wärmebewegung, wie zwischen dieser und der Lichtzitterung liegen zum Theil in der Feinheit der Bewegung und der zusammen schwingenden Massen. Die gröbsten Bewegungen und größten miteinanderschwingenden Massen finden sich beim Schall und Ton; die feinsten Verhältnisse bestehen beim Licht.

27. **Erschaffung und Entstehung des Stoffes.** Man darf nicht glauben, daß aus der Erkenntniß der Unvernichtbarkeit und der Unvermehrbarkeit der Materie (s. Seite 45 u. f.) auch die Gewißheit hervorgehe, daß die Materie auch nie geschaffen worden ist. Daß diese Gewißheit schon aus jener Erkenntniß folge, das ist nur die Lehre philosophischer Leichtfertigkeit. Wohl darf man als sicher annehmen, daß der Stoff nicht von selbst aus dem Nichts entstanden sei; dies hat aber durchaus nichts mit der Frage zu thun, ob der Stoff nicht vielleicht durch eine andere höhere, unbekannte Gewalt erzeugt worden sein könnte. Die richtige Beantwortung dieser letzteren Frage

hängt vollständig davon ab, ob überhaupt eine solche höhere schöpferische Gewalt vorhanden ist, welche derartige Wunderdinge verrichten könnte, eine Frage, die auf anderweitigen Wegen, durch das Studium der sonstigen Verfassung der Welt und der menschlichen Gesellschaft, sowie des Ursprungs der Religionen, beantwortet werden muß.

Es ist nun gefunden worden, daß eine Gewalt, die den Stoff mit seinen Eigenschaften zu einem bestimmten Zwecke, nämlich zu dem Zwecke einer Menschengesellschaft, geschaffen haben könnte, nicht existirt und daß die Ueberzeugung von dem Dasein einer solchen Gewalt lediglich ein Produkt der Phantasie der Menschen ist, welches zu einer gewissen Zeit der Geistesbildung und Gedankenentwicklung entsteht und auf einer späteren, höheren Stufe der Bildung und des Wissens wieder verschwindet. Will man nun nicht annehmen, daß die Gewalt, welche den Stoff zum Zweck des Menschen erzeugt hätte, selbst vor langer Zeit zu Grunde gegangen sei und darum heute nicht mehr existire, will man ferner auch nicht annehmen, daß die fragliche Gewalt den Stoff überhaupt nicht zum Zwecke der Menschheit, sondern zu einem ganz anderen, uns ganz unbekannten Zwecke oder zu gar keinem Zwecke, nur aus Laune, erzeugt habe, so kommt man zu dem Schluß, daß der Stoff von keiner solchen Gewalt geschaffen worden ist.

Andererseits ist die Meinung, daß es durchaus für das Dasein des Stoffes eine Ursache geben müsse, eine irrige. Die allgemeine Kausalität (der ursächliche Zusammenhang) braucht sich nicht ohne Ausnahme auf Alles in der Welt auszudehnen. Wir erkennen aus den Wirkungen der Kräfte, der Arbeit des Menschen u. s. w., daß sich alle Wirkung nur auf die Formen (die Gestalten, Gruppirungen, Abstandsverhältnisse) und die Zustände erstreckt. Ja unser Begriff der Ursächlichkeit rührt überhaupt nur von unserer Beobachtung der wechselnden Formen und Zustände her, entstand und bildete sich ausschließlich bei der Betrachtung der menschlichen Arbeit und der Wirkungen der Naturkräfte. Sobald wir aber wissen, woher unser Begriff von Ursachen stammt, daß die Kausalität zunächst nur in ein bestimmtes Gebiet — in das der wechselnden Formen und Zustände — gehört, so sind wir weder berechtigt noch irgendwie veranlaßt, den Begriff der Kausalität ausnahmslos auf Alles in der Welt zu übertragen. Die Abhängigkeit von vorhergegangenen Ursachen existirt erkennbar nur für das Reich der Formen und Zustände des Stoffes; von hier aus wissen wir überhaupt erst etwas über Ursächlichkeit, über die Abhängigkeit von Ursachen. Es ist nun geradeso unverständig, auf Grund dessen, daß wir etwas von Kausalität in den Dingen der Welt läuten hörten, nun bestimmt zu glauben, der Stoff müsse entstanden, verursacht worden

sein, als wie es wäre, wenn Jemand, der erkannt hat, daß die Bäume wachsen, nun behaupten und glauben wollte, daß auch die Telegraphenstangen und die Gartenzäune wachsen.

Die Begriffe der Menschen vom Erschaffen, wie vom Entstehenlassen und Verursachen rühren her von der oberflächlichen Betrachtung der menschlichen Arbeit und der Wirkungen der Naturkräfte, welche Vorkommnisse aber weder etwas mit Erschaffen, noch Entstehenlassen aus Nichts zu thun haben.

Ein weiteres Beispiel zur Verdeutlichung! Auf der Erde braucht jeder Gegenstand, der nicht fallen soll, eine Unterlage. Aus diesem Umstande wird der unwissende Mensch schließen, daß schlechtweg Alles in der Welt eine Unterlage haben müsse. Wenn er nun einigermaßen nachdenkt, so wird er auch fragen, auf was wohl die Erde, dieses Fundament aller unserer Dinge, aufliege, auf was wiederum die Unterlage der Erde ruhe und so fort, genau wie bei den bekannten Fragen nach der Ursache des Stoffes. Thatsächlich gaben die Alten der Erde auch eine mehr oder weniger fabelhafte Unterlage; nach der Lehre der Wischnuiten in Indien ruht sie auf der Riesenschildkröte des Gottes Wischnu, bei den Schiwaiten auf einem Elefanten. Die astronomische Erkenntniß zeigt aber, daß Unterlagen und Fundamente im Weltall nicht existiren und auch nicht nöthig sind, daß das Erforderniß der Unterlagen nur besteht für das Gebiet auf und an den einzelnen Weltkörpern, nicht allgemein in der Welt, nicht für die Erde als Ganzes. So sieht man, daß dem Unwissenden etwas als unbedingt, allgemein giltig erscheinen kann, was es durchaus nicht ist.

Der Stoff muß also nicht eine Ursache haben, so wenig wie etwa die Erde eine Unterlage haben muß.

28. **Zonen, Erdzonen** heißen die gedachten Streifen, welche, dem Aequator[50]) gleichlaufend (parallel), rund um die Erde führen, und die infolge ihrer dem Aequator oder den Polen näheren oder entfernteren Lage Unterschiede in ihren Lufttemperaturen haben. Diese Unterschiede rühren von der größeren oder geringeren Durchschnitts-Schiefe der Bestrahlung durch die Sonne her, welche die verschiedenen Oberflächentheile des Erdballs erfahren. Je schräger die Sonnenstrahlen auf eine Erdgegend auftreffen, desto geringer ist die Erwärmung. Man unterscheidet fünf Hauptzonen auf der Erde: die heiße Zone (am Aequator), die nördliche kalte und die südliche kalte Zone (um die Pole), die nördliche gemäßigte und die südliche gemäßigte Zone (die Erdgürtel zwischen der heißen und den kalten Zonen).

29. **Versteinerungen** oder Petrefakten nennt man die in Stein abgedrückten oder mit Steinmasse ausgefüllten Spuren und Reste von Pflanzen

und Thieren, meistens Wurzeln, Stämme, Blätter, Früchte, Fußspuren, Knochen, Zähne, Panzerschaalen u. s. w. Versteinerungen können nur entstehen, wenn die Steinmasse in weichem oder flüssigem Zustande als wässeriger Schlamm organische Spuren oder Reste umschließt und ausfüllt.

30. **Elemente** oder Grundbestandtheile der Welt heißen die verschiedenen Stoffe, welche sich mit den gegenwärtigen Mitteln der Chemie[1]) nicht zerlegen lassen, sondern als verschiedene Arten des Stoffes, verschieden nach Gewicht, Farbe, Härte, Schmelzbarkeit u. s. w., erscheinen. Es waren bis 1882 64 Elemente mit Sicherheit als solche bekannt, von denen die nachfolgend genannten die wichtigsten sind:

Aluminium	Jod	Platin
Antimon	Kadmium	Quecksilber
Arsen	Kalium	Sauerstoff
Barium	Kalzium	Schwefel
Blei	Kobalt	Silber
Bor	Kohlenstoff	Silizium
Brom	Kupfer	Stickstoff
Chlor	Magnesium	Wasserstoff
Chrom	Mangan	Wismuth
Eisen	Natrium	Wolfram
Fluor	Nickel	Zink
Gold	Phosphor	Zinn.

Durch Verbindung der Elemente entstehen die verschiedensten Stoffe, z. B. aus Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlensäure, aus Aluminium und Sauerstoff Thonerde, aus Chlor und Natrium Kochsalz, aus Schwefel und Quecksilber Zinnober u. s. w.

31. **Wesen der Schwere.** Hierüber ist noch nichts Sicheres bekannt. Eine eigentliche Anziehung zwischen Atom und Atom ist und bleibt unbegreiflich, gleichviel ob die Atome sich berühren oder weit von einander entfernt sind. Die Anziehung, welche die Theilchen unserer greifbaren festen Körper zusammenhält, ist geradeso unbegreiflich, wie die Anziehung, welche von Weltkörper zu Weltkörper Millionen von Meilen weit wirkt. Entweder i s t nun die Schwere eine eigentliche Anziehung — dann müßten wir jedes Stück Stoff, jeden leblosen Steinklumpen für ein lebendiges, ja für ein wunderbares Wesen ansehen, für ein Wesen, welches ohne Augen sieht, ohne Nase riecht, weil es stets genau wüßte, wo im Raum sich ein anderes Stück Stoffmasse befindet — oder sie e r s c h e i n t nur als Anziehung und ist in Wahrheit die Wirkung von Antrieben, die v o n a u ß e n gegen je zwei Stoffmassen erfolgen und Annäherung zuwege bringen oder dazu antreiben

— dann ist die Schwere keine Kraft, keine Eigenschaft des Stoffes, sondern eine Wirkung anderer Kräfte oder Antriebe, die noch zu ermitteln wären. Mehrere Physiker älterer wie neuerer Zeit haben angenommen, daß die Schwere die Wirkung eines Druckes sei, der von den Sternen ausgeübt werde, indem die durch Wärme- und Lichtausstrahlung in Schwingungen versetzte Weltatmosphäre[12]) allseitig Drücke ausübe und ein Gegeneinandertreiben aller derjenigen Körper herbeiführe, welche sich innerhalb großer Sternenmassen befinden.

Obwohl die letztere Erklärung sich wahrscheinlich der Wahrheit nähert, so sind mit derselben doch auch noch scheinbar unübersteigliche Schwierigkeiten verknüpft. Wir stehen hier vor einem der höchsten Probleme der Physik.[65])

Besonders sind in dieser Frage Leibnitz, Huygens, Bernoulli, Euler, Lesage und in neuester Zeit Isenkrahe, Andersohn u. A. thätig gewesen.

32. **Quadrat-Steigerung der Schwere.** Die Anziehung oder Schwere ist bei einem 3mal so großen Abstande der einander anziehenden Körper nicht der 3te Theil, sondern der 9te Theil, bei 4mal so großem Abstande nicht der 4te, sondern der 16te Theil von der Anziehung bei einfachem Abstande. Umgekehrt steigert sich die Anziehung auf das 4fache, 9fache, 16fache u. s. w., wenn der Abstand sich auf die Hälfte, das Drittel, das Viertel u. s. w. vermindert. Wenn sich zwei Theilchen fast berühren, so muß auch ihre gegenseitige Anziehung sehr groß werden und in der Festigkeit, dem Zusammenhang der Körper haben wir vielleicht nichts anderes, als durch größtes Nahebeieinandersein der Theilchen gesteigerte Anziehung zu erblicken.

Von dieser Steigerung der Anziehung bei zunehmender Annäherung der sich anziehenden Körper rührt zu einem Theile das Anwachsen ihrer Bewegung her, wie es namentlich bei Kometen zur Zeit ihrer Rückreise zur Sonne zu beobachten ist und welches sich auch im zweiten Kepler'schen Gesetze[18]) ausspricht. (Zum anderen Theil ist jenes Anwachsen einfache Fallbeschleunigung, wie bei einem fallenden Stein.)

33. **Veränderungen in Nebelflecken.** Wenn ich hierbei (Seite 77) von Täuschungen der Beobachtung spreche, so habe ich die vermeintlichen Gestaltveränderungen im Omega-Nebel, im Orion-Nebel u. s. w. im Auge. Davon unterschieden erscheinen mir die Lichtveränderungen in einigen Nebeln im Stier, welche von d'Arrest u. A. konstatirt wurden. Daß sich eine glühende Gasmasse oder ein weit entfernter großer Sternhaufen, eine ganze Welt in einigen Monaten oder Jahren beträchtlich abkühlen oder in

der Form verändern sollte, darf wohl als ausgeschlossen betrachtet werden. Ueber das Wesen jener Lichtveränderungen können wir freilich nur Vermuthungen hegen. Alle Erklärungsversuche werden indessen von der Annahme auszugehen haben, daß die betreffenden Nebel in verhältnißmäßig geringen Fernen stehen und also klein seien.

34. **Schwerpunkt.** Der gemeinschaftliche Schwerpunkt eines Weltkörpersystems ist derjenige Punkt, in dem alle Glieder des Systems infolge der allgemeinen gegenseitigen Anziehung sich schließlich vereinigen, zusammentreffen würden, wenn dieselben dieser Anziehung von einem und demselben Zeitpunkte an ausschließlich folgen würden. Während die Anziehungen in Wahrheit von den Körpern selbst ausgehen, scheint es, als ob alle Anziehung im Schwerpunkt ihren Sitz hätte. Alle Körper der Welt, sie mögen noch so weit von einander entfernt sein, haben alle miteinander ihre gemeinschaftlichen Schwerpunkte, ja zwischen je zwei Atomen giebt es einen solchen Punkt. Unsere Erde hat sowohl ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt mit dem Monde, wie mit der Sonne, mit jedem Planeten, wie mit dem fernsten Fixstern. Der Schwerpunkt liegt stets dem schwereren Körper näher als dem leichteren. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt von Erde und Mond liegt noch innerhalb des Erdkörpers. Die Bewegungen der Weltkörper finden stets um die Schwerpunkte statt. Der Mond bewegt sich eigentlich nicht um die Erde, sondern Erde und Mond bewegen sich beide innerhalb 27 Tagen 7$^3/_4$ Stunden um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, und dieser Schwerpunkt wiederum ist es, was sich in der elliptischen Bahn um die Sonne bewegt, nicht genau der Mittelpunkt der Erde.

Der Schwerpunkt eines starren Körpers ist derjenige Punkt, in welchem die ganze Masse des Körpers vereinigt erscheint. Hängt man einen Körper an einem Faden auf, so legt sich sein Schwerpunkt stets in die Verlängerung des Fadens. Ein Körper fällt, wenn sich sein Schwerpunkt fallend bewegt; ein Körper ruht sicher, wenn der Schwerpunkt so unterstützt ist, daß dieser sich nicht fallend bewegen kann. Bei einer Kugel liegt der Schwerpunkt im Mittelpunkt, wenn sie in ihrem Innern nicht einseitig liegende dichtere schwerere, oder leichtere Stoffe, oder einseitige Hohlräume besitzt. Der Schwerpunkt jedes Körpers ist zugleich der Punkt, in welchem wiederum die Schwerkraft, die Anziehung ihren Sitz zu haben, von wo sie auszugehen scheint und in welchem auch eine fremde Anziehung angreift. Jede Kraft, welche einen frei bewegbaren Körper im Schwerpunkt erfaßt, bewegt diesen Körper, ohne ihn zu drehen oder in Drehung zu versetzen; darum wird sich ein

genügend dichter Körper (den die Luft nicht viel aufhalten kann) während des Fallens in der Luft nie drehen, in welcher Lage man ihn auch aus der Hand läßt, wenn man ihm nicht von vornherein eine Drehung ertheilt.

35. **Unterschiedslosigkeit von Ruhe und Bewegung im Weltall.** Die Erscheinungen der Trägheit (Seite 48 u. f.) zeigen, daß kein Unterschied ist zwischen Ruhe und Bewegung. Denken wir uns zwei Körper, welche sich im unbegrenzten leeren Weltraum, ohne sich gegenseitig anzuziehen, auf einander zu oder von einander weg bewegen, so weiß man nicht zu sagen, welcher von beiden sich eigentlich bewegt, oder ob sich beide bewegen, oder ob ihre Annäherung oder Entfernung nur der Unterschied einer gemeinsamen Bewegung ist, die beide wieder in Beziehung zu einem jetzt hinzugenommenen dritten Körper ausführen. Ruhe ist im uferlosen Weltraum Bewegung und Bewegung ist Ruhe; die Begriffe von Ruhe und Bewegung erscheinen, scheiden sich erst, wenn mehr als ein Körper gleichzeitig betrachtet werden. Jeder einzelne Körper für sich betrachtet ist weder in Ruhe, noch in Bewegung. Die Bewegung, die wir bei einem Körper erst im Hinblick auf einen anderen wahrnehmen, kann nichts an jenem Körper Haftendes, ihm Zugehöriges sein, sondern sie ist nichts weiter, als eine Veränderung seines Abstandes von dem anderen Körper, eine Verlängerung oder Verkürzung der Strecke, welche zwischen beiden Körpern liegt, und da diese Veränderung, wie wir wissen (Seite 48 u. f.), ohne Ursache, ohne jeden Kraftaufwand vor sich geht, so verliert auch diese Abstandsveränderung ihre Wunderhaftigkeit, sie ist überhaupt kaum wunderbarer, als der Umstand, daß überhaupt Abstände zwischen den Stoffmassen bestehen, daß die gesammte Stoffmasse der Welt nicht in einem einzigen Haufen vereinigt ist.

Dagegen ist die Abstandsveränderung, welche durch Kräfte hervorgerufen wird, etwas ganz anderes; sie erfolgt nach einem Angriff auf die Trägheit, indem der Kraft Widerstand entgegengesetzt wird. Die durch Kräfte, z. B. durch die Anziehung, hervorgerufene Bewegung ist Aenderung des bis dahin gewesenen Zustandes und fassen wir diesen vorher gewesenen Zustand als Bewegung auf, so ist die Aenderung Bewegungsänderung. So ist es z. B. nicht eigentlich ein Uebergang von Ruhe in Bewegung, wenn sich eine Lokomotive, ein Schiff in Bewegung setzt, sondern lediglich Bewegungsänderung, denn diese Fahrzeuge besaßen schon eine Bewegung, ehe sie sich bewegten, nämlich die Bewegung, welche sie als Gegenstände der Erde mit dieser durch den Weltraum ausführen.

Man darf auch hier von einem Gebiet der Ursachen und Formen und einem Gebiet des ursachlosen Dauernden sprechen, ähnlich wie in Anhang Nr. 27 bezüglich des Daseins des Stoffes ausgeführt wurde.

36. **Zentrifugalkraft** ist eigentlich keine Kraft, sondern nur eine Wirkung der Trägheit (s. Seite 48 u. f.), wie sie in dem besonderen Falle der Kreis- oder Bogenbewegung auftritt. Vermöge der Trägheit strebt jeder Körper, eine Bewegung, die er einmal besitzt, auch in Ewigkeit geradlinig fortzusetzen, und so will ein in einem Kreise geschwungener Körper in jedem Augenblick geradlinig davonfliegen, statt sich kreisförmig schwingen zu lassen. Dieses Bestreben, davonzufliegen, äußert sich in einem Zuge des Körpers vom Mittelpunkt der Drehung weg gerade nach außen (wie man bei einem Stein, den man an einer Schnur im Kreise schwingt, deutlich wahrnimmt) und dieser Zug nach außen heißt Zentrifugalkraft. Soll nun trotz des Strebens nach außen eine Kreisbewegung zu Stande kommen, so muß eine Kraft da sein, welche der Zentrifugalkraft genau gleich ist und gerade entgegenwirkt. Diese entgegenwirkende Kraft liegt bei einem an der Schnur geschwungenen Stein in der Hand, welche die Schnur hält; bei den Weltkörpern ist es die Anziehung (zu vergl. Seite 74).

Man kann die Zentrifugalkraft ganz genau berechnen, sobald Gewicht des kreisenden Körpers, dessen Geschwindigkeit und Entfernung vom Mittelpunkt der Drehung bekannt sind. Alle Kräfte werden in der Mechanik nach Gewicht gemessen, d. h. man vergleicht sie mit der Schwerkraft. Um die Zentrifugalkraft eines kreisförmig bewegten Körpers in Pfunden oder einer anderen Gewichtseinheit zu finden, multiplizirt man dessen Gewicht (nach Pfunden u. s. w.) mit dem Quadrat seiner Geschwindigkeit (in Fuß, Meter u. s. w.) und dividirt das Erhaltene durch die Entfernung des Körpers vom Drehungsmittelpunkt (in Fußen, Metern u. s. w.) und durch das Doppelte der Höhe, welche ein frei fallender Körper in der ersten Sekunde seiner Fallbewegung zurücklegt, gemessen in dem gleichen Maaß, wie die Geschwindigkeit u. s. w. gemessen wurde. Nach Metermaaß beträgt jene Höhe für Mittel-Europa ungefähr 4 Meter 905 Millimeter. So findet man, daß die Zentrifugalkraft des Schwungrads einer Maschine, welches 30 Zentner schwer ist, 4 Meter im Durchmesser hält und sich pro Minute 100 Mal umdreht, etwa 64 Zentner beträgt, d. h. die Speichen des Rades haben einen Zug von 64 Zentnern, allein infolge der Zentrifugalkraft, auszuhalten. Würde das Rad statt 100 Umdrehungen 200 in der Minute machen, so würde die Zentrifugalkraft nicht weniger als 256 Zentner betragen. Die Zentrifugalkraft des Mondes bei seinem Umlauf um die Erde erhält man zu ungefähr 418,000 Billionen Zentner.

Die für die astronomische Mechanik, wie für den Maschinenbau äußerst wichtige Berechnung der Zentrifugalkraft, welche Kepler wie Galilei noch unmöglich war, lehrte zuerst der Niederländer Huygens.

37. **Zentralbewegung.** Es bietet das Beispiel zweier sich begegnender Weltkörper (Seite 88) die einfachste Darlegung, was zur Zentralbewegung eines Körpers gehört. Hierzu gehört eine Anziehungskraft, die von einem Punkte, dem Zentrum der Bewegung, ausgeht, die Zentripetalkraft, und eine Bewegung des Körpers, die nicht nach dem Zentrum der Anziehung gerichtet ist. Bei jeder Zentralbewegung sind diese beiden Faktoren vorhanden. Bei jeder Zentralbewegung tritt auch die Zentrifugalkraft[36]) auf, welche der Zentripetalkraft gerade entgegenwirkt.

38. **Zu den Beweisen der Planeten-Entstehungs-Lehre.** Als Beweise für die Lehre der Entstehung des Planetensystems aus einer gemeinsamen Masse werden auch gewöhnlich folgende Thatsachen mit aufgeführt: die Uebereinstimmung der Umlaufsrichtungen (Umlauf nicht zu verwechseln mit Axendrehung) aller Planeten unter sich und die auffallend geringe Abweichung aller Bahnebenen von einander. Diese Thatsachen sind auch schon von Kant als solche Beweise benützt worden; die Mechanik lehrt indessen, daß sich die Uebereinstimmung der Umlaufsrichtungen der Planeten untereinander mit der Zeit auch dann einstellen mußte, wenn die Planeten von jeher solche Kugeln gewesen wären, wie sie jetzt sind und nichts weiter von Planet zu Planet gewirkt hätte, als nur die Gravitation. Die von Planet zu Planet wirksame Gravitation oder Anziehung stellt schon jenen Verband her, den Kant und Andere in dem Aufgelöstsein der Stoffe suchten. Rückläufige Planeten, sofern ihre Massen in der Minderheit sind, könnten nicht lange in kreisähnlichen Bahnen um die Sonne laufen; sie würden durch die Anziehung der nach der anderen Richtung umlaufenden Planeten bald zur Umkehr gezwungen werden und dann entweder in die Sonne stürzen oder sonstwie aufhören, kreisförmig laufende Planeten zu sein. Aehnlich verhält es sich mit der Uebereinstimmung der Bahnebenen.

39. **Der bestimmende Einfluß der Mehrheiten.** Wer etwa hier (Seite 95) einwenden wollte, daß dies Beispiel ja gar nicht zutreffe, da doch die Mehrzahl der Menschen noch von der Bestimmung im Staats- und Gemeindewesen ausgeschlossen sei, den will ich darauf hinweisen, daß auch im Staats- und Völkerleben stets das geschieht, was die Majorität will oder was sie zuläßt.

40. **Zur Lehre von der Abtrennung von Planeten-Ringen.** In vielen populären Darstellungen dieser Lehre wird das Ablösen der Ringe

von Planeten und Monden als ein „Abschleudern", bewirkt durch die Zentrifugalkraft, bezeichnet. Die Annahme von einem Abschleudern ist aber hier in keiner Weise mit den Naturgesetzen vereinbar, die bei jener Lehre als wirksam betrachtet werden. Mit dem Worte „Abschleudern" ist nothwendig der Begriff eines Hinausfliegens, wurfartigen Entfernens vom Mittelpunkt verbunden. Die Ablösung eines Gasringes oder eines Stückes von einer Gasmasse infolge der Zentrifugalkraft darf nicht anders vorgestellt werden, als ein Zurückbleiben, als das Zurückbleiben des Randes einer flachen Gasmasse, eines Ringes oder Gaswolkenkranzes in seiner bisherigen Entfernung, der dann dort nach wie vor umläuft, während die Hauptmasse innerhalb des Ringes langsam ringsum zurücktritt, kleiner wird. Die Zentrifugalkraft hindert die Betheiligung der Masse des Randes an der weiteren Zusammenziehung nach innen, nichts weiter.

Der Begriff der Zentrifugalkraft ist den Herren Verfassern solcher Darstellungen vermuthlich untrennbar von dem Gedanken an Zentrifugen mit ihrer bedeutenden Schleuderkraft. Eine unendlich langsam sich umwälzende Gasmasse, aus der ein Planetensystem hervorgehen soll, ist aber keine Zentrifuge und kein Schleifstein, der bei zu rascher Drehung zerreißt und seine Stücke umherschleudert, sondern eine fast zusammenhanglose Masse. Abgeschleuderte Stücke würden übrigens auch gar keine kreisähnliche Bahnen, sondern lange Ellipsenbahnen einschlagen.

41. **Allgemeinheit der Doppelstern-Form.** Unter der Annahme, daß alle möglichen Unterschiede in den Uebereinstimmungen und der Zersplitterung der Bewegung in den Theilmassen, in welche die große Fixstern-Gaswelt zerfiel, auftreten mußten, werden wir zu der Vermuthung geführt, daß in Wahrheit alle Sonnen der Welt in höherem oder geringerem Grade Doppelsonnen, Doppelgestirne oder mehrfache Sterne sind.

Das Verhältniß zwischen den Massen der Sonne und des Jupiter (etwa wie 1050 und 1) ist ein derartiges, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt noch außerhalb der Sonnenkugel, fast 6000 Meilen von ihrer Oberfläche ab liegt.

42. **Verhältnisse der Umlaufsbewegungen in einer Gasmasse.** Zu diesem Resultat (Seite 107) wirkt hier schon die Zentrifugalkraft hin. In einer rotirenden glühenden Gasmasse können sich nur die langsamer laufenden Atome und Theile um das Zentrum herum, in der Nähe desselben erhalten, die schneller laufenden werden sich mehr außen befinden, weil die Anziehung überall durch die zerstreuende Hitze mehr oder weniger aufgehoben erscheint und also der Zentrifugalkraft wenig oder gar nicht entgegenwirken kann. Schneller umlaufende

Massen mußten darum durch ihre Zentrifugalkraft mehr nach außen getrieben werden.

43. **Winkelgeschwindigkeit.** Man sagt, die Theile eines sich umdrehenden festen Körpers, eines Rades z. B., haben gleiche Winkelgeschwindigkeit, weil dieselben in gleicher Zeit die gleiche Anzahl Umläufe machen, in derselben Zeit gleiche Winkel beschreiben. Beide Enden einer Radspeiche haben gleiche Winkelgeschwindigkeit, aber nicht gleiche Geschwindigkeit; die Geschwindigkeit am Radkranze ist größer, als an der Nabe.

44. **Zu der Bezeichnung: „Kant-Laplace'sche Hypothese".** Man spricht häufig von einer „K.-L.'schen Hypothese". Diese Bezeichnung ist zu verwerfen. Die Kant'sche Hypothese, von der schon mehrfach die Rede war, hat mit der Laplace'schen nichts weiter gemeinsam, als die Voraussetzung, daß der Stoff der Planeten am Anfang der Entwicklung fein zertheilt und daß die Schwere wesentliche Ursache der späteren Verdichtung gewesen sei. Aber diese Voraussetzung finden wir nicht nur bei Kant und Laplace, sondern auch bei Swedenborg, Wright, Herschel u. A., sodaß man alle Lehren dieser Männer, die sich theilweise widersprechen, zusammenzufassen hätte unter der Bezeichnung: Swedenborg-Wright-Herschel-Kant-Laplace'sche Hypothese. In allen wichtigen Fragen weichen Kant und Laplace von einander ab. Ein ganz wesentlicher und wichtiger Inhalt der Laplace'schen Hypothese ist die Lehre von der Bildung der Planeten aus abgelösten Gasringen, wodurch die Entstehung der Axendrehung der Planeten und die Umlaufsbewegungen der Monde zum erstenmal auf Grund bekannter Gesetze erklärt werden; von Ringen ist bei Kant keine Rede; bei ihm sind die Planeten Anhäufungen von Materie und ihre Umlaufsbewegungen entstehen durch Seitenstöße, welche die Stoffmassen und Theilchen bei dem Drängen nach dem Zentrum einander gegenseitig austheilen — eine wissenschaftlich vollkommen haltlose, willkürliche Annahme. (Zu vergl. Seite 81 u. f.). Kant als „größten Denker aller Zeiten" hinzustellen, ist darum schon aus Gründen seiner kosmogonischen Lehre unzulässig. Die Uebereinstimmung der Richtung der Planetendrehungen (Axendrehung), sowie der Richtung der Mondumläufe mit der Richtung der Sonnendrehung wird durch Kant's Darlegung gar nicht erklärt. Dagegen kam Kant mit seiner Darstellung der Entstehung der Sonne („Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels", Königsberg 1755) aus denjenigen Massen, welche sich wegen zu geringer Bewegung oder wegen Verlust derselben nicht in einem gewissen Abstande vom Schwerpunkt erhalten konnten und darum dort zusammensanken, „den Klumpen des Zentralkörpers zu vermehren", der Lehre sehr nahe, welche hier im V. Abschnitt die Entstehung einfacher

Sonnensysteme erklären soll. Ueber Kant's Ansichten von der Entstehung der Wärme wurde schon Seite 59 u. f. gesprochen.

45. **Kant-Meydenbauer-Nordenskiöld'sche Hypothese.** Die Kant'sche Hypothese der Entstehung des Sonnensystems ist theilweise die Vorläuferin der Meydenbauer-Nordenskiöld'schen Ansicht gewesen. Nach Meydenbauer und dem berühmten Erdforscher Nordenskiöld bildete sich die Planetenwelt aus Sternschnuppen und Meteoren (s. Abschnitt X), oder aus kosmischem Staub (Staub des Weltraums). Die Planeten wären hiernach einfach Anhäufungen von Staub; nicht heißglühendes Gas erfüllte an Stelle der Weltkörper ehemals den Raum, sondern wirbelnde Massen kleiner fester Körper ähnlich den Sternschnuppen. Die Wärme bricht in den Körpern erst nach der Anhäufung hervor; die Gluth der Sonne und Sterne ist Verdichtungs- oder Druckwärme, bei Meydenbauer Verbrennungswärme, und darum steht diese Lehre der Gas-Hypothese gerade gegenüber.

Anhänger dieser Hypothese können sich hauptsächlich nur darauf stützen, daß der Sirius, ein Stern 1ter Größe am südlichen Himmel (in der Verlängerung des Orion-Gürtels), gegenwärtig weiß oder bläulich erscheint, während er von Astronomen des Alterthums als roth bezeichnet wird. Von mehreren Seiten, z. B. von Zöllner in Leipzig, wurde aber darauf aufmerksam gemacht, daß die Abnahme der Röthe nicht eine Zunahme der Temperatur, sondern eine Abnahme der die grünen und blauen Strahlen verschluckenden Dampfatmosphäre des Sterns beweise. Unsere irdische Atmosphäre verschluckt z. B. ebenfalls die grünen und blauen Strahlen der Sonne, wie bei Untergang und Aufgang sehr auffällig wird; die Sonne erscheint da, wie bekannt, oft feuerroth, weil die Sonnenstrahlen dann die dichteste Luftschicht nahe unserer Erdoberfläche 200 bis 300 Meilen weit durchscheinen müssen. Meydenbauer glaubt, daß auch der Nebenstern des Sirius, den er irrthümlicherweise als größer als Sirius angiebt, einst leuchten werde, wie Sirius selbst. („Kant oder Laplace", Marburg 1880, Seite 26.) Indessen ist der Nebenstern nur etwa halb so groß an Masse als Sirius.

Daß die Entstehung der Wärme durch Druck und Verdichtung keine eigentliche Entstehung von Wärme ist, wurde hier Seite 62 erklärt. Verschmäht man es, die Lehre von der Entstehung der Welt aus heißen Gasen anzuerkennen und lehrt man dafür den Ursprung der Weltkörper aus Staub, so braucht man nunmehr eine Ursache für die Zerstäubung, die nicht Wärme heißen darf.

46. **Verbrennung.** In der Chemie heißt der Prozeß, bei welchem sich irgend ein Stoff mit Sauerstoff verbindet, eine Verbrennung. Es

giebt langsame und schnelle Verbrennung. Eine langsame Verbrennung ist das Rosten des Eisens, wobei sich Sauerstoff mit Eisen zu Rost verbindet. Bei der schnelleren Verbrennung wird Wärme und Feuer entwickelt.

47. **Innerhalb der Merkursbahn umlaufende Planeten.** Die Berechnungen Leverrier's über die Abweichungen der Bewegung des Merkur von der Bewegung, wie sie eigentlich sein sollte, gaben Veranlassung zu der Annahme von einem oder mehreren Planeten, welche innerhalb der Bahn des Merkur um die Sonne laufen sollen. Jedoch ist bis jetzt kein solcher Planet gefunden worden. Die Abweichung der Merkurbewegung würde sich nach Seite 122 u. f. vielleicht erklären lassen; freilich könnte die Abweichung nicht dauernd sein, sondern müßte mit der Zeit verschwinden, weil sich die hypothetische Masse in der übrigen Sonnenmasse allmälig auflösen und mit dieser ins Gleichgewicht kommen müßte. Immer wiederholte Erneuerungen solcher exzentrischen Massen nach Seite 123 wären jedoch nicht ausgeschlossen. (Zu vergl. Seite 254.)

48. **Zur Erklärung der Rotationsverhältnisse der Sonne.** Ein äußerer Beweis für diese möglicherweise den ganzen Sonnenkörper durchwühlenden Strömungen (s. Seite 124) scheint in den merkwürdigen Rotationsverhältnissen der Sonne zu liegen. Die Sonnenoberfläche dreht sich nämlich in den Gegenden nach den Polen zu langsamer um, als am Umfange des Aequators, ähnlich wie die Mitte eines Flusses schneller fließt, als die Seiten in der Nähe des Ufers es thun. Während eine Drehung der Oberfläche in der Mitte zwischen Pol und Aequator, soweit man aus dem Umlauf von Flecken schließen zu können glaubte, etwa 28 Tage dauert, vollenden die Massen des Aequators eine Drehung schon in etwa 25 Tagen. Diese Erscheinung ist hinreichend erklärt, wenn man annimmt, daß die mehr aus dem Inneren heraufkommenden heißeren Massen stets etwas nach der Richtung der Drehungsaxe der Sonne hin abweichen, statt genau auf dem kürzesten Wege (radial) nach der Oberfläche aufzusteigen. Dieses mehr axiale Aufsteigen kann aus den entgegengesetzten Gründen geschehen, als aus welchen nach Seite 97 äußere Theile einer Gasmasse infolge Verdichtung statt radial nach dem Mittelpunkt, sich parallel der Axe nach einer Mittelebene hin bewegen, woraus die Abflachung hervorgeht. Sobald die aufsteigenden Massen (die nothwendig eine geringere Umlaufsgeschwindigkeit haben, als die mehr außen befindlichen Massen) sich in größerer Menge in der Nähe der Axe zu halten suchen und darum beim Aufsteigen mehr nach den Drehungspolen zu an die Oberfläche heraustreten, so werden die dortigen Massen eine größere Verzögerung durch solche aufgetauchte Massen erfahren, als die Oberflächenmassen um den Aequator herum.

49. **Sonnen- und Mondfinsternisse.** Bei einer Sonnenfinsterniß tritt der Mond so zwischen Erde und Sonne, daß er letztere verdeckt, sodaß wir sie entweder ganz (totale Sonnenfinsterniß) oder zum Theil (partielle Sonnenfinsterniß) nicht sehen können. Eine Verfinsterung des Mondes findet statt, wenn der Mond in den Schatten der Erde tritt, sodaß er von den Sonnenstrahlen nicht beschienen werden kann. Eine Sonnenfinsterniß kann darum nur bei Neumond, eine Mondfinsterniß nur bei Vollmond eintreten.

50. **Aequator.** Darunter versteht man denjenigen Kreis, den man sich am Umfange der Erde oder eines anderen Weltkörpers rund herum, gleichweit von beiden Polen entfernt, gezogen denkt. Der Aequator hat bei der Axendrehung selbstredend die größte Geschwindigkeit. Die Erde wird durch ihren Aequator in zwei gleiche Hälften, die nördliche und die südliche Halbkugel, getheilt, darum heißt der Aequator auch Gleicher und Theiler.

51. **Die Dichtheit der wichtigsten Erden und Gesteine,** das Gewicht des Wassers als $1_{,0}$ gesetzt:

Basalt $2_{,9}$—$3_{,2}$	Porphyr $2_{,4}$—$2_{,8}$	Kreide $1_{,8}$—$2_{,7}$
Granit $2_{,5}$—$3_{,0}$	Gneis $2_{,4}$—$2_{,7}$	Thon $1_{,8}$—$2_{,6}$
Thonschiefer $2_{,8}$—$2_{,9}$	Steinsalz $2_{,1}$—$2_{,2}$	Bodenerde $1_{,4}$—$2_{,4}$
Kalkstein $2_{,5}$—$2_{,8}$	Lehm $1_{,5}$—$2_{,8}$	Steinkohle $1_{,2}$—$1_{,5}$
Quarz $2_{,5}$—$2_{,8}$	Sandstein $1_{,9}$—$2_{,7}$	Sand $1_{,4}$—$1_{,7}$.

52. **Gestein- und Mineralarten,** die hier in Betracht kommen, können nicht sämmtlich näher beschrieben werden; es ist das mehr Gegenstand der Mineralogie.

53. **Druck der Atmosphäre.** Die Lufthülle unserer Erde hat, wie wir (Anhang Nr. 11) wissen, ein bestimmtes Gewicht. Aus diesem Grunde drückt die ganze, über einer Fläche befindliche Masse der Luft mit einem Gewicht, welches umso größer ist, je näher wir uns an der Erdoberfläche, oder je tiefer wir uns unter derselben befinden. Das Gewicht beträgt in der Höhe der Erdoberfläche für jeden Quadratzentimeter ungefähr 1 Kilogramm 33 Gramm. Der abgerundete Betrag, 1 Kilogramm pro 1 Quadratzentimeter, heißt in der Technik „eine Atmosphäre“.

54. **Zur Entstehung des Chlornatriums.** Nach Sterrey Hunt entstand das Kochsalz erst später, indem Chlorkalzium, welches nebst anderen Stoffen im Urmeerwasser gelöst enthalten war, durch ins Meer gespülte kohlensaure Salze zerlegt wurde, wobei sich kohlensaurer Kalk und Chlornatrium neu bildete. (Nach Klein: „Entwicklungsgeschichte des Kosmos“, Braunschweig 1870.)

55. **Zur Erklärung der Fluth und Ebbe des Meeres.** Das Anschwellen des Meeres wird fast durchweg unzureichend oder mangelhaft erklärt, wenigstens die Fluth auf der Erdseite, welche dem anziehenden Monde oder der Sonne jeweils abgewandt ist. Man findet meistens die Erklärung, daß die Fluth der abgewendeten Seite durch Zurückbleiben der dortigen Wassermassen bei dem allgemeinen Fall der Erde nach den anziehenden Körpern hin entstehe. Nun ist dem Laien ein solches Fallen der Erde nach dem Monde oder der Sonne hin nicht bekannt und folglich bleibt ihm auch das angebliche Zurückbleiben unverständlich. Der Laie weiß vielleicht, daß die Erde einst in die Sonne stürzen werde, nicht aber, daß sie fortwährend dahin stürzt. Es entspricht den Anforderungen der Allgemeinverständlichkeit wohl besser, wenn man das Fluthen der abgewendeten Seite als die Wirkung der Zentrifugalkraft auffaßt, als die Wirkung des Schwunges, den jene abgewendete Erdseite bei dem Umlauf der Erde um das gemeinschaftliche Zentrum (zu vergl. Anhang Nr. 34), welches zwischen Erde und Mond besteht, und bei dem Umlauf der Erde um die Sonne erfährt. Die Wassermassen der abgewendeten Erdseite werden dabei etwa so abgeschleudert, wie die Rockflügel und Kleider beim Rundtanze.

56. **Metamorphische Gesteine.** Diesen Namen legte man einer neben Eruptiv- und Sedimentgesteinen zu unterscheidenden dritten Klasse von Gesteinen bei, nämlich allen Ablagerungsgesteinen, welche als durch Alter, hohe Belastung oder durch Berührung mit glühenden Durchbruchsmassen stark verändert und umgewandelt (metamorphisirt) erscheinen. Auch Gemenge von glühenden Massen und Absätzen des heißen Wassers erscheinen uns jetzt vielleicht als metamorphische Gesteine. Durch Alter oder hohe Belastung sind zwar mehr oder weniger alle Sedimentmassen verwandelt, doch werden nur die Ablagerungen ohne Versteinerungen als eigentliche metamorphische Gesteine bezeichnet.

57. **Zur Erklärung der Landerhebungen.** Manche Geologen suchen die Erklärung dieser Erhebungen in Faltungen und Stauungen der Erdrinde, welche infolge der Abkühlung und Zusammenziehung des Erdinnern gewölbeartig oder ähnlich so entstehen sollen, wie die Blasen und Runzeln der Schaale bei einem zusammentrocknenden Apfel. Demgegenüber muß darauf hingewiesen werden, daß sich die Erdmassen durchaus nicht so zu einander verhalten, als wie die Steine in einem gemauerten Gewölbe oder wie die Theile einer Apfelschaale, dazu sind die Massen viel zu groß. (Zu vergl. Seite 144 u. f.) Auf diese Weise kann man kaum die Faltung kleinerer Erdstriche von wenigen Meilen an Breite erklären, geschweige die

Erhebung ganzer Länder. Eine solche Hypothese kann nur von Leuten aufgestellt werden, die keine rechte Ahnung von den Bedingungen sehr flacher Gewölbe haben, sonst würden sie es von vornherein ausschließen, daß aus den verhältnißmäßig weichen Erdmassen hundert und tausend Kilometer breite und oft nur wenige hundert Fuß hohe Gewölbbogen sich bilden können.

Wenn sich wirklich die innereren Erdmassen stärker zusammenziehen sollten, als die Massen der Erdschaale, so würden sich die letzteren nach aller technischen Erfahrung soviel zusammensetzen, als es der gegenseitige ungeheure Seitendruck erfordern würde. Die eigene Abkühlung der letzteren, die ja ebenfalls Zusammenschrumpfung bewirkt, würde ihnen dabei zu Hülfe kommen. Es ist aber wahrscheinlicher, daß sich die innere Erdmasse gar nicht schneller zusammenzieht, als die Erdrinde, daß letztere daher reißt, statt sich zu stauen, wie ja auch die Gesteine und Felsenmassen sämmtlich zerklüftet und zerrissen sind. So stellen z. B. auch die Rillen des Mondes (s. Seite 243) wahrscheinlich Risse seiner Oberfläche dar, weil Krater von ihnen durchsetzt werden.

58. **Zur Entstehung der Gebirge.** Es giebt noch immer Leute, die bezüglich der Gebirge nichts Anderes zu diskutiren verstehen, als: ob sich dieselben plötzlich oder allmälig gebildet haben. Es ist wohl sicher und selbstverständlich (und es hat sich das auch aus dem Studium des Landes ergeben), daß Hochgebirge, wie die Andenkette z. B., sich nicht an einem Tage aufgeworfen haben werden. Wer aber glaubt, daß es gar nichts Anderes giebt, als völlige Plötzlichkeit, oder vollendet ruhiges harmonisches Wachsen der Gebirge, der irrt sich und ist noch weit von der Erkenntniß der Wahrheit in Sachen der Naturkräfte und deren Walten entfernt. Diejenigen aber, welche behaupten, daß der Vulkanismus gar nicht oder nur ausnahmsweise mit der Gebirgsbildung zusammenhänge, die können sich weder die Erde selbst, noch ihr Abbild in geologischen Karten jemals recht angesehen haben.

59. **Sonnenwärme und Steinkohlen.** Es ist unrichtig, zu sagen, wir treiben unsere Dampfmaschinen mit der Sonnenwärme der Urzeit, indem wir Steinkohlen unter den Dampfkesseln verbrauchen, denn an der Erzeugung der Steinkohlenwälder hat die Eigenwärme der Erde, wie wir aus der Erdgeschichte sehen, wahrscheinlich einen viel größeren Antheil, als die Wärme der Sonne.

60. **Zu du Prel's Hypothese des Kometen-Ursprungs** (Seite 246). Du Prel stützt sich namentlich auf die Erscheinung des Lexell'schen Kometen vom Jahre 1770, welcher nach Lexell durch die anziehende

Gewalt des Jupiter zuerst in eine Bahn von $5^2/_3$ Jahren Umlaufszeit, alsdann (wieder durch Jupiter) in eine solche von sehr langer Dauer geworfen worden sein soll. Indessen ist die Lexell'sche Rechnung, wie es scheint, nicht von allen Zweifeln verschont geblieben; mindestens blieb es ganz unbestimmt, wie weit sich der Komet in seiner berechneten neuen Bahn von der Sonne entferne. Lexell's Komet ist überhaupt nur ein einziges Mal, nämlich 1770, beobachtet worden und vielleicht kann Niemand mit ganzer Bestimmtheit sagen, daß seine Bahn jemals eine Ellipse von $5^2/_3$ Jahren Umlaufszeit war. Zur Beurtheilung der Bahnberechnungen im vorigen Jahrhundert sei hier noch bemerkt, daß Lexell für den Kometen von 1769 eine Umlaufszeit von 400, Pingré eine von 1200 und Bessel mit besonderer Sorgfalt nachträglich eine von 2089 Jahren berechnete. Prosperin fand für den Kometen von 1779 die Umlaufszeit zu 1160, 19,000 Jahren und unendlich groß, je nach den Beobachtungen, die er zu Grunde legte. Für den großen Kometen von 1680 fand Halley 575, Encke 8800 Jahre als Umlaufszeit. Was nun den Lexell'schen Kometen von 1770 betrifft, so muß derselbe besonders schwierig zu berechnen gewesen sein, weil er der Erde außerordentlich nahe kam, wie ja auch die Rechnungen ganz verschiedene Resultate ergaben.

61. **Spaßhafte Kometen-Hypothese.** Nach Professor S. entstanden die Kometen, indem unsere Planeten Fetzen von Nebelflecken abrissen, an denen wir vorbei oder die uns zu nahe kamen. „So riß", schreibt Professor S., „der mächtige Jupiter im Jahre 1765 (soll heißen 1767) einen Theil einer kosmischen Wolke ab und wies ihm als Komet eine Bahn um die Sonne mit einer Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren." Es ist hier der Lexell'sche Komet vom Jahre 1770 gemeint, der nach der Rechnung (zu vergl. Anhang Nr. 60) im Jahre 1767 dem Jupiter sehr nahe gekommen war und eine Veränderung seiner Bahn erlitten hatte.

62. **Zur Abstoßung der Kometenschweife.** Mir ist es immer so vorgekommen, als ob die Kometen einen Stoff von draußen mit hereinbrächten, der, weil viel zu leicht, es in der Nähe der Sonne nicht aushält, sondern aus dieser Nähe fortstrebt und aus den Stoffen des Kometen entweicht, nachdem er durch Verdampfung, Erwärmung frei geworden.

63. **Durchsichtigkeit der Kometenschweife.** Die Schweife erreichen oft eine Dicke von mehreren Millionen von Meilen und auch dann geht das Licht der dahinter stehenden Sterne ungeschwächt durch. Man bedenke, daß eine Schicht von Wasserdunst (Nebel, Wolke) über der Erde von nur 10 Fuß Dicke alles Sternenlicht aufhält und die Sonne total versteckt.

64. **Einfluß eines Weltwiderstandes auf die Planetenbahnen.** Ich

kann es nicht einsehen, daß sich die Planetenbahnen in Spiralen verwandeln werden, sobald die ursprüngliche Bewegung durch einen Widerstand eine Zeit lang verzögert worden ist. Ein Widerstand, der die Bewegung gänzlich aufhebt, würde geradlinigen Sturz nach der Sonne hin bewirken; ein Widerstand aber, der die Umlaufsgeschwindigkeit nur verringert, muß nach Maaßgabe der Verringerung eine Annäherung an diesen Sturz herbeiführen, die sich dann als langgezogene Ellipse darstellen muß. Die Exzentrizität muß sich durch verzögernde Widerstände also vergrößern.

Es ist auch unrichtig, daß — wie z. B. Du Prel in seiner „Entwicklungsgeschichte des Weltalls" Seite 191 und an anderen Orten behauptet — ein Planet nur dann dauernd um die Sonne laufen könne, wenn Schwerkraft und Zentrifugalkraft sich gerade ausgleichen, und daß jedes Ueberwiegen der Schwerkraft die Vereinigung des Planeten mit der Sonne, jedes Ueberwiegen der Zentrifugalkraft seine Entfernung auf Nimmerwiedersehen herbeiführen müsse. In Wahrheit stürzt ein Planet nur dann in die Sonne, wenn seine Bewegung (und also seine Zentrifugalkraft) gänzlich aufgezehrt ist, fliegt er nur dann davon, ohne wiederzukehren, sobald die Anziehung gänzlich aufhört. In allen anderen dazwischenliegenden Fällen, je nach dem Verhältniß zwischen Umlaufsgeschwindigkeit und Anziehung, entstehen die verschiedensten elliptischen Bahnen.

65. **Zum Problem der Lehre vom Aether und der Wärme-Ausstrahlung.** Man könnte die Frage aufwerfen: Wenn die Weltkörper sich aus weitausgedehnten durch Hitze entstandenen Gasen durch Verdichtung gebildet haben, warum wurde dann der vermuthete Weltäther erst so kalt, daß er die Weltkörper später abkühlen kann und warum behielt er nicht bald eine so hohe Temperatur für sich zurück, um dann nicht genöthigt zu sein, den Weltkörpern, der Sonne, erst später Wärme zu entziehen? Diese Frage verlangt ihre Beantwortung. Man kann sich die Sache so denken: Der Weltäther selbst erwärmt sich nicht, indem er die Wärme (und das Licht) überträgt, ähnlich wie sich die Luft durch strahlende Wärme nicht bedeutend erwärmt, die durch sie hindurchgeht. Auch kann der Aether keine Wärme ertragen, sondern er dehnt sich nach Maaßgabe der aufgenommenen Wärme in weitere Fernen aus, gleich den Stoffen, die wir als sogenannte permanente Gase kennen, wie Sauerstoff u. desgl. Die den Weltkörpern entzogene Wärme mag der Aether also dazu verwenden, die Grenzen seiner Ausdehnung immer weiter hinauszurücken, dabei vielleicht die Ausdehnung der benachbarten Aetherwelten eindämmend, verkleinernd. Eine solche Aether-Hypothese ist vielleicht in guten Einklang

zu bringen mit der Theorie der Schwere als Antrieb von außen (zu vergl. Anhang Nr. 31). Aus der gegenseitigen Bedrängung der aneinander grenzenden Aether-Atmosphären benachbarter Welten müßte allmälig eine Vermehrung der Spannung des Aethers erwachsen, die allerdings nicht bis ins Unendliche fortdauern dürfte, sondern zeitweise, vielleicht stets nach Aufhören der Wärme-Ausstrahlung der Weltkörper, in ihr Gegentheil, in eine Verminderung umschlagen müßte.

66. **Spiller's Theorie des Wiederanfangs der Entwicklung.** Professor Spiller denkt sich das Neuerwärmen der Materie durch das „Verbrennen" in einer kosmischen Gasmasse, in welche der erstarrte Weltkörper auf seinem Laufe hineingerathe. Hiernach scheinen die Gasmassen also gleichsam ewige Lampen zu sein, dazu da, den übrigen abgekühlten Körpern freundlichst wieder Feuer zu geben.

67. **Quadrat und Kubus.** Unter dem Quadrat einer Zahl versteht man das Produkt aus der Multiplikation dieser Zahl mit sich selbst; z. B. ist 4 das Quadrat von 2, 9 das Quadrat von 3, 64 das Quadrat von 8 u. s. w. Unter dem Kubus einer Zahl wird das Produkt verstanden, welches man durch zweimalige Multiplikation dieser Zahl erhält, d. h. 8 ist der Kubus von 2, denn $2 \times 2 \times 2$ ist 8; 27 ist der Kubus von 3 u. s. w.

Inhaltsverzeichniß.

Druck von J. H. W. Dietz, Hamburg.

